



# **Melhorias no fluxo de abastecimento de materiais nas linhas de produção**

*Valter Passos Silva*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2016-07-14

*Aos meus pais*

## Resumo

Atualmente o processo de abastecimento de material nas linhas de produção assume um papel cada vez mais decisivo para a produção de grandes séries de peças em células produtivas, dada a sua influência na eficiência da produtividade. É de vital importância possuir apenas o material estritamente necessário nas linhas de produção, garantindo que não haja acumulação de *stock* de matéria-prima. Por outro lado, é essencial promover a implementação de abastecimentos ergonômicos de componentes à mão do operador, assegurando que estes não necessitem de efetuar demasiados esforços físicos e constantes movimentos para abastecerem o seu posto de trabalho.

Numa primeira fase foi analisado o funcionamento de todo o fluxo de materiais existente na fábrica, desde o momento de entrada da matéria-prima no armazém, até ao instante de saída dos produtos terminados para o cliente. O estudo efetuado em pleno *shop floor* promoveu uma melhor compreensão de como se desencadeia cada uma das etapas do processo produtivo, permitindo perceber alguns dos principais problemas existentes.

Seguidamente foi observado o processo de abastecimento geral das linhas de produção de forma a compreender como é operado o sistema de pedido, transporte e reposição de material. Por outro lado foram analisados os sistemas de abastecimento de duas linhas de produção.

Tendo em conta as oportunidades de melhoria detetadas, foi necessário implementar um sistema de abastecimento de raiz numa das linhas produtivas, uma vez que se tratava de uma nova linha em fase de montagem. No outro caso foi efetuado o plano de reestruturação de todo o sistema de abastecimento, uma vez que se tratava de uma linha de produção já existente.

De salientar que estas linhas produtivas produzem várias referências de peças, o que fez com que fosse necessário compor um plano de abastecimento complexo que fosse capaz de definir o fluxo de retorno de materiais de volta para o armazém.

Ao longo deste projeto foram aplicados muitos dos conceitos defendidos pela filosofia *Kaizen*, como o recurso a mecanismos de gestão visual, uso de *kanbans* e construção de bordos de linha eficazes.

Os resultados finais revelaram-se bastante positivos. Numa das linhas abordadas foi possível implementar todo o sistema de abastecimento delineado. Na outra, uma vez concluída toda a proposta de abastecimento planeada é de esperar que seja possível melhorar a segurança, organização e eficiência desta linha de produção.

Estas duas linhas dissemelhantes servirão de modelo, tanto para futuros sistemas de abastecimento de raiz a serem criados, como para a reestruturação do sistema de abastecimento de algumas das linhas já existentes.

Relativamente à estratégia delineada para os momentos de troca de referência de peça a produzir e consequente retorno de materiais sobrantos, esta revelou-se bastante funcional. A tendência futura será para que o plano encontrado seja amplificado por toda a fábrica.

## Improvements in the supply of material flow in the production lines

### Abstract

Currently the process of material supplies in the production line assumes an increasingly decisive role for the production of large series of parts in production cells, given its influence in productivity efficiency. It is of vital importance to have the strictly necessary materials in the production lines, guaranteeing that there is no accumulation of raw material stock. On the other hand, it is essential to promote the implementation of ergonomic component supplies at the operator's reach, assuring that these do not need to make much physical effort and constant movements in order to supply their work post.

In a first phase, the operation of the entire flow of existing materials in the factory was analysed, from the moment of entry of raw materials into the warehouse, to the time of output of products finished to the customer. The study carried out on the shop floor promoted a better understanding of what really occurs in each of the steps of the productive process, allowing the bare exposure of some of the main existing problems.

Following this, the general production line supply process was observed in order to understand how the application, transport, and material replacement system is operated. On the other hand, two supply systems for the production line were analysed.

Taking into account the identified enhancement opportunities, it was necessary to implement a supply system from scratch in one of the productive lines, since it was a new line in an assembly phase. In the other case, a new restructuring plan of the whole system was made, seeing that this was an already existent line of production.

To stress that these productive lines produce various types of parts, which made it necessary to draw up a complex supply plan which would be able to define the return flow of materials to the warehouse.

Throughout this project many concepts defended by *Kaizen's* philosophy were applied, as a use of visual management mechanisms, use of *kanbans* and the construction of efficient line edges.

The final results were quite positive. It was possible to implement the entire outlined supply system to one of the addressed lines. In the other, once completed the entire planned supply proposal, it is expected that through the improvements performed, it is possible to upgrade the security, organisation and efficiency of this production line.

These two unlike production lines will serve as models, both for future supply systems being created from scratch as well as the restructuring of the supply system of some already existent lines.

Regarding the strategy of changing the reference of the part to be produced and consequent return of surplus materials, this proved to be quite functional. This success achieved, will result in the amplification of this strategy throughout the entire factory.

## Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de expressar toda a minha gratidão para com todos aqueles que me acompanharam ao longo deste trajeto académico, concluído com a elaboração desta dissertação.

Começo por deixar uma palavra especial de agradecimento ao João Pontedeira por sempre me ter apoiado e guiado de forma incansável durante estes meses. Foi sem dúvida um apoio importante para mim.

Seguidamente gostaria de deixar um enorme obrigado ao José Lima pela confiança depositada em mim. Agradeço a todo o grupo de trabalho da BorgWarner, principalmente ao departamento logístico pela forma espetacular como me acolheu.

Guardo também um abraço ao Hélder Oliveira, Daniel Ferreira e à Susana Correia por toda boa disposição e companheirismo prestado diariamente.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Paulo Osswald por toda a disponibilidade e auxílio prestado. A todo o departamento de Engenharia Mecânica da FEUP que contribuiu para o sucesso desta etapa.

Ressalvo um grande obrigado à companhia BorgWarner pela oportunidade oferecida e pelo apoio financeiro concedido.

Para finalizar, agradeço acima de tudo aos meus pais. Foram sem dúvida os principais responsáveis por tudo o que sou hoje e mais uma vez foram a minha maior motivação nos bons e maus momentos que passei durante a realização deste projeto.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da empresa BorgWarner .....	1
1.2	Enquadramento do projeto e motivação .....	3
1.3	Objetivos do projeto .....	3
1.4	Método seguido no projeto .....	3
1.5	Estrutura da dissertação.....	5
2	Estado da Arte .....	6
2.1	Filosofia <i>Kaizen</i> .....	6
2.2	Muda .....	6
2.3	Orientação para o <i>Gemba</i> .....	8
2.4	Gestão Visual .....	9
2.5	Sistema de Produção <i>Push / Pull</i> .....	9
2.6	Os 5“S” .....	10
2.7	Nivelamento – <i>Heijunka</i> .....	10
2.8	Ferramentas de Logística Interna .....	10
3	Situação atual .....	15
3.1	<i>Layout</i> atual da unidade de Lanheses da BorgWarner.....	15
3.2	<i>Layout</i> atual do Armazém.....	16
3.3	Fluxo de Materiais.....	16
3.4	Linha de Tubos EGR.....	22
3.5	Linha de <i>Coolers</i> .....	25
3.6	Troca de referência de peça a produzir:.....	30
4	Apresentação das soluções propostas .....	32
4.1	Nova linha de Tubos EGR implementada.....	32
4.2	Linha de produção de <i>Coolers</i> .....	37
4.3	Troca de referência de peça a produzir.....	42
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro .....	49
5.1	Conclusões.....	49
5.2	Perspetivas de trabalho futuro .....	50
	Referências.....	51
	ANEXO A: Rota do Fugado .....	52
	ANEXO B: Rota da Montagem .....	54
	ANEXO C: Estudo dos tempos médios consumidos pelo <i>Mizusumashi</i> associados a cada uma das rotas existentes .....	56
	ANEXO D: Fluxograma do processo de abastecimento e recolha do produto acabado .....	57
	ANEXO E: Diferentes referências de material para abastecimento da linha de <i>Coolers</i> .....	58
	ANEXO F: Movimentos efetuados por cada um dos operadores para reposição de material no seu posto de trabalho.....	59
	ANEXO G: Estudo dos desperdícios associados às deslocações dos operadores no abastecimento dos postos de trabalho .....	60
	ANEXO H: Fluxograma do procedimento habitual usado no processo de troca de referência de peça a produzir na linha de <i>Coolers</i> .....	61
	ANEXO I: Exemplo de planificação semanal das diferentes referências de <i>Coolers</i> a produzir .....	62
	ANEXO J: Orçamento pedido à empresa Makprofile para a compra do tubo <i>lean</i> necessário para a construção dos bordos de linha da nova linha de tubos EGR implementada.....	63
	ANEXO L: Orçamento pedido à empresa Gesacuf para a compra de bordos de linha com funis incorporados para a nova linha de tubos EGR implementada.....	64
	ANEXO M: Estudo do dimensionamento dos bordos de linha a implementar para cada componente.....	66

ANEXO N: Orçamento pedido à empresa Gesacuf para a compra de quatro bordos de linha com funis incorporados para a linha de produção de <i>Coolers</i> .....	67
ANEXO O: Estruturas das diferentes máquinas por onde vão passar bordos de linhas estreitos com funis incorporado .....	71
ANEXO P: Orçamento pedido à empresa Gesacuf para a compra de funil de dupla entrada e saída para incorporar em bordo de linha recuperado.....	72
ANEXO Q: Dimensionamento pedido à empresa Makprofile para o bordo de linha com múltiplos alimentadores criado para a linha de <i>Coolers</i> .....	73
ANEXO R: Orçamento pedido à empresa Makprofile para o bordo de linha com múltiplos alimentadores criado para a linha de <i>Coolers</i> .....	74
ANEXO S: Estudo dos desperdícios associados às deslocções dos operadores no abastecimento dos postos de trabalho após as primeiras melhorias implementadas.....	75
ANEXO T: Local nomeado para o estacionamento dos carros de apoio no armazém .....	76
ANEXO U: Estudo efetuado para determinação do material a transportar em cada carro de apoio da nova linha de tubos EGR .....	77
ANEXO V: Orçamento pedido à empresa Gesacuf para a compra de três carros de apoio para a nova linha de tubos EGR e dois carros de apoio para a linha de <i>Coolers</i> .....	78
ANEXO X: Estudo efetuado para determinação do material a transportar em cada carro de apoio na linha de produção de <i>Coolers</i> .....	79



## **Siglas e Definições:**

**BDL:** Significa “Bordo de linha”. É o local onde é abastecido o material na linha de produção.

**FGW:** Representa “Finished Goods Warehouse”

**FIFO:** Representa “First In First Out”. Estratégia que denota que o primeiro a entrar deve ser o primeiro a sair.

**Gemba:** Significa chão de fábrica, local onde a ação realmente acontece.

**JIT:** Representa “Just in Time”. Estratégia de produção que pressupõe que não deve haver produção, transformação ou compras, antes do momento certo. O momento certo é determinado em função dos pedidos dos clientes.

**Kaizen:** Significa mudar para melhor. É a uma filosofia que assenta na base da melhoria contínua diária.

**Kanban:** Representa etiqueta/cartão/registo que permite a transmissão de informação

**Layout:** Representa a forma como estão organizados os diferentes objetos num determinado espaço delineado.

**Lean:** Filosofia que foca na redução e eliminação dos desperdícios, com vista ao aumento de produtividade.

**Make to order:** Denomina um planeamento de produção baseada nos pedidos efetuados pelo cliente. A produção começa logo após a encomenda do cliente ser rececionada pela empresa.

**Mizusumashi:** Termo usado para o operador logístico de transporte de abastecimento interno. O operador do comboio logístico, que lhe ficou com o nome, utiliza sempre rotas normalizadas, em horários bem determinados.

**Muda:** Significa desperdício.

**Picking:** Consiste na preparação de uma encomenda a partir da seleção de determinadas quantidades de peças ou componentes, fruto do pedido do cliente.

**Rack:** Constitui a estrutura que serve de suporte ao armazenamento de componentes.

**Sistema Pull:** Produção baseada nos pedidos do cliente, sendo produzidas apenas as quantidades de material necessárias.

**Sistema Push:** Produção baseada na transferência do material acabado para o processo seguinte independentemente da sua necessidade.

**SRW:** Representa “Storage Rack Warehouse”

**Supermercado:** É um local de armazenamento de material que permite uma rápida reposição de material na produção e promove o princípio FIFO.

## Índice de Figuras

Figura 1 - Representação das áreas especializadas por cada um dos grupos da BorgWarner.....	1
Figura 2 - Localizações das diferentes fábricas da BorgWarner no Mundo .....	2
Figura 3 - Percentagem de vendas associada a cada cliente em 2015 .....	2
Figura 4 - Planeamento do projeto .....	4
Figura 5 - Comparação entre empilhador tradicional e <i>mizusumashi</i> .....	12
Figura 6 - <i>Layout</i> atual da fábrica da BorgWarner em Lanheses.....	15
Figura 7 - <i>Layout</i> atual do Armazém da fábrica da BorgWarner em Lanheses .....	16
Figura 8 - Mapeamento do fluxo de material.....	17
Figura 9 - Do lado esquerdo, cartão <i>kanban</i> de material verde com posição fixa nas carruagens do comboio. Do lado direito, esse mesmo <i>kanban</i> ampliado.....	19
Figura 10 - Do lado esquerdo, cartão <i>kanban</i> voltado para a face da frente no supermercado de uma linha de produção. Do lado direito, esse mesmo <i>kanban</i> ampliado .....	19
Figura 11 - <i>Layout</i> da linha de produção existente de Tubos EGR.....	22
Figura 12 - Supermercado presente na linha de tubos EGR .....	23
Figura 13 - Acumulação de <i>stock</i> e pouca ergonomia no supermercado da linha de Tubos EGR.....	23
Figura 14 - Configuração provisória da nova linha de Tubos EGR .....	24
Figura 15 - Nova linha de produção de Tubos EGR.....	24
Figura 16 - Tubos EGR a serem produzidos.....	24
Figura 17 - Linha de produção de <i>Coolers</i> .....	26
Figura 18 - <i>Coolers</i> produzidos .....	26
Figura 19 - Representação atual da linha de <i>Coolers</i> , com os locais onde são consumidas cada uma das referências de componentes.....	26
Figura 20 - Supermercado atual da linha de <i>Coolers</i> .....	27
Figura 21 - Elevadas quantidades de <i>stock</i> acumulado no supermercado da linha de <i>Coolers</i> .....	29
Figura 22 - Sistema de abastecimento implementado na nova linha de tubos EGR .....	34
Figura 23 - Sistema de abastecimento implementado nos três Fugómetros.....	35
Figura 24 - Sistema de abastecimento implementado nos três Postos de Montagem.....	35
Figura 25 – Sistema de abastecimento implementado no Marcador a Laser .....	35
Figura 26 - Carro de apoio estacionado no local definido, na linha de produção .....	35
Figura 27 - Etiqueta identificadora de um dos materiais consumidos pela nova linha de Tubos EGR.....	36
Figura 28 - Pormenorização de um dos <i>Kanbans</i> criados, já colocado no respetivo bordo de linha.....	36
Figura 29 - Proposta de sistema de abastecimento para a linha de produção de <i>Coolers</i> .....	39
Figura 30 - Bordo de linha simples, responsável pelo abastecimento de Carcaças no posto 2.....	40
Figura 31 - Bordo de linha estreito de dupla entrada com funil incorporado, responsável pelo abastecimento de dois tipos de parafusos no posto 2.....	40
Figura 32 - Bordo de linha simples, responsável pelo abastecimento de tubos <i>inlet</i> no posto 4.....	41
Figura 33 - Bordo de linha simples com dois <i>racks</i> responsáveis pelo abastecimento de atuadores e patilhas no posto 5.....	41
Figura 34 - Etiqueta identificadora de um dos materiais consumidos pela linha de <i>Coolers</i> .....	41
Figura 35 - Pormenorização de um dos <i>kanbans</i> criados, já colocado no respetivo bordo de linha criado.....	42

Figura 36 - Sequenciador implementado na nova linha de Tubos EGR.....	42
Figura 37 - Exemplo de <i>Kanban</i> sequenciador criado, destinado ao aviso da próxima referência a produzir .....	42
Figura 38 - Carros de apoio estacionados no armazém.....	44
Figura 39 - Identificação de um dos carros de apoio usados.....	44
Figura 40 - <i>Kanban</i> sequenciador colocado em cima do carro de apoio.....	44
Figura 41 - Fluxograma da sequência de operações seguida nos momentos de troca de referência de peça a produzir .....	45
Figura 42 - Sequenciador de produção criado na linha de <i>Coolers</i> .....	47
Figura 43 - Exemplo de <i>kanban</i> sequenciador concebido, destinado ao aviso da próxima referência a produzir .....	47

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Diferentes referências de material para abastecimento da nova linha de Tubos EGR .....	25
Tabela 2 - distâncias percorridas pelos operadores associadas ao abastecimento dos seus postos de trabalho por cada turno de oito horas, dependendo da referência a produzir .....	28
Tabela 3 - tempo perdido pelos operadores associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho por cada turno de oito horas, dependendo da referência a produzir.....	28
Tabela 4 - Estudo do dimensionamento dos bordos de linha a implementar para cada componente..	32
Tabela 5 - Comparação das distâncias totais percorridas pelos operadores, associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho no início do projeto, presente e futuro.....	40
Tabela 6 - Comparação do tempo total perdido pelos operadores, associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho no início do projeto, presente e futuro.....	40
Tabela 7 - Referências de matéria-prima a abastecer em cada carro de apoio .....	46
Tabela 8 - Referências de matéria-prima a abastecer em cada carro de apoio .....	48
Tabela 9 - Referência de Válvulas a atrelar em cada carro de apoio.....	48

## 1 Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida numa das fábricas da companhia BorgWarner, localizada em Viana do Castelo.

### 1.1 Apresentação da empresa BorgWarner

A BorgWarner Inc. é uma multinacional americana que se encontra profundamente enraizada na Indústria Automóvel e é responsável pela produção de peças para motores, transmissões e sistemas de condução de fluídos. A sua missão passa por oferecer soluções inovadoras para sistemas propulsores, melhorando a economia de combustível, as emissões e o desempenho dos veículos.

A companhia BorgWarner está subdividida em dois grandes grupos:

**BorgWarner Engine Group:** responsável pelas áreas de Sistemas Morse TEC, Sistemas Térmicos, Sistemas Turbo e Sistemas de Emissão. Este grupo representa 68% das vendas globais da empresa e encontra-se representado a verde na figura 1.

**BorgWarner Drivetrain Group:** responsável pelas áreas de Sistemas de Transmissão e Sistemas *TorqTransfer*. Este grupo representa 32% das vendas globais da empresa e encontra-se representado a azul na figura 1.

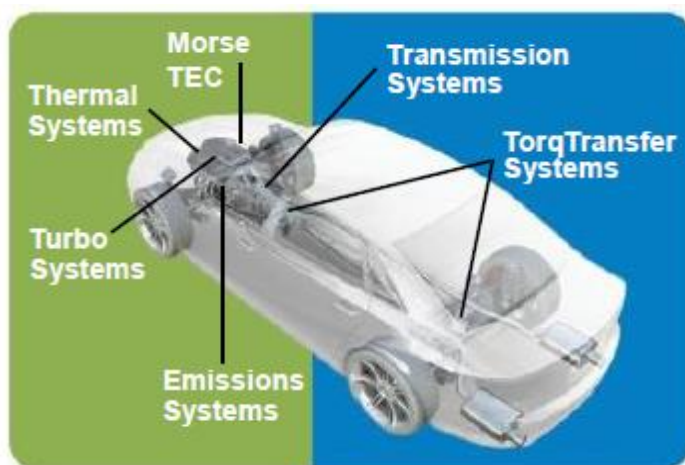


Figura 1 - Representação das áreas especializadas por cada um dos grupos da BorgWarner (Fonte: BorgWarner)

Em 2015 os dois diferentes grupos da BorgWarner contavam já com 57 localizações distribuídas por 18 países na Europa, América e Ásia. Através da observação da figura 2 é possível ter uma clara perceção das zonas do globo onde opera a empresa.

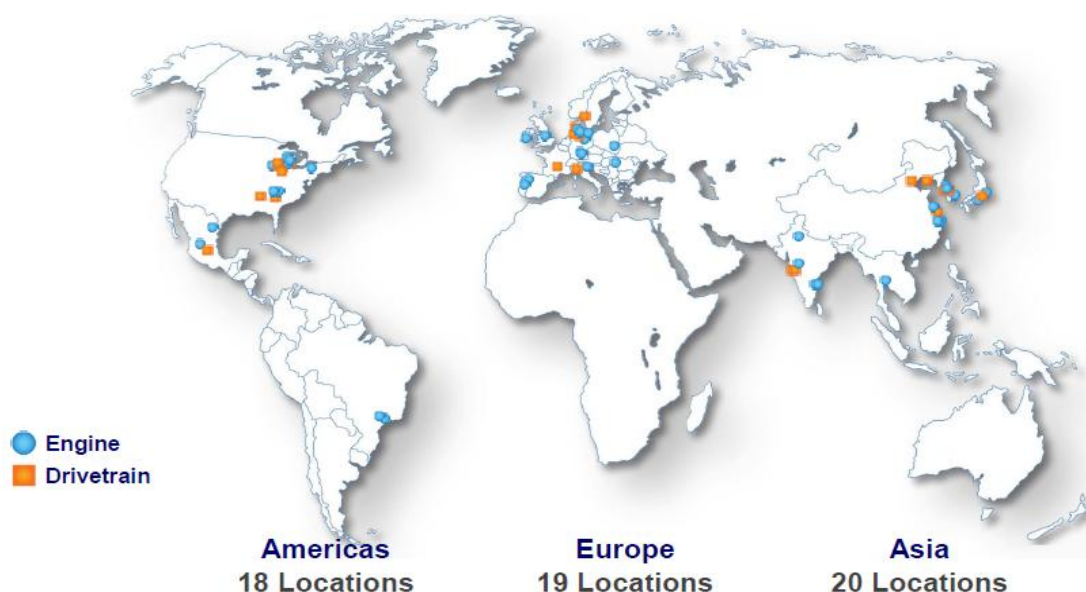


Figura 2 - Localizações das diferentes fábricas da BorgWarner no Mundo (Fonte: BorgWarner)

Os produtos produzidos pela BorgWarner destinam-se a algumas das principais marcas do setor automóvel mundial. Na figura 3 estão enumerados os principais clientes, assim como o panorama da percentagem de vendas associada a cada uma das marcas no ano 2015.

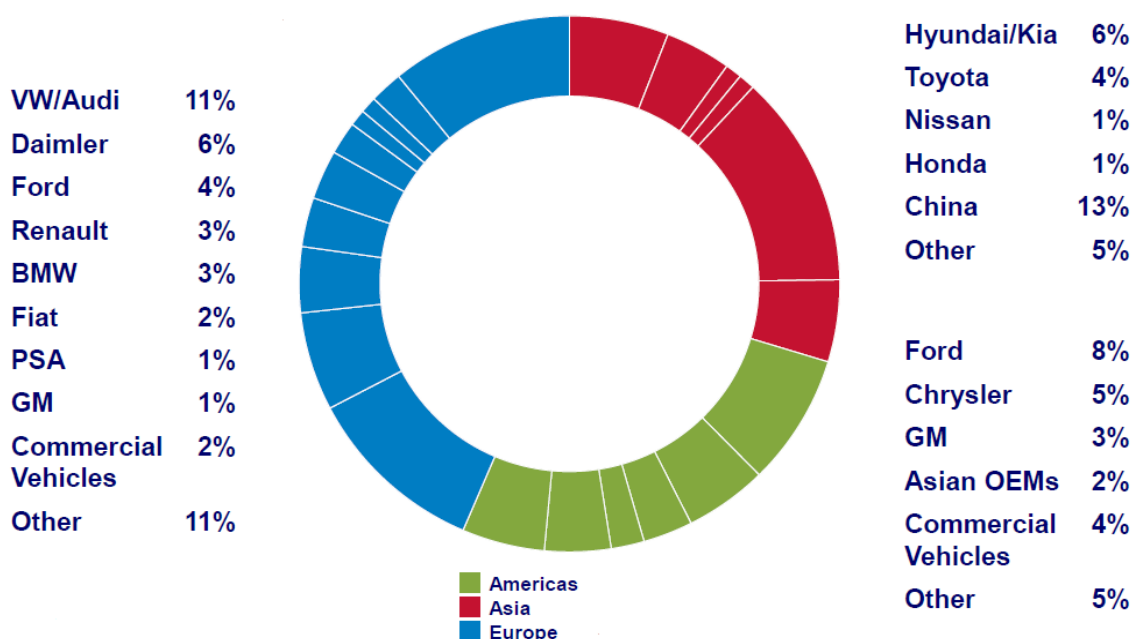


Figura 3 - Percentagem de vendas associada a cada cliente em 2015 (Fonte: BorgWarner)

### BorgWarner Portugal

A fábrica existente em Portugal pertence ao grupo BorgWarner Engine Group e dedica-se à área Emissions Systems. Esta unidade fabril surgiu em Julho de 2005 em Valença do Minho. Contudo devido ao rápido crescimento e exigências cada vez maiores, foi necessário mudar de instalações para ganhar mais espaço e condições de trabalho. Em Novembro de 2014 foi então inaugurada a nova fábrica da empresa, situada em Viana do Castelo.

Os produtos produzidos pela BorgWarner Portugal são os seguintes (BorgWarner 2015):

- Recirculação de Gases: *Coolers* EGR, Tubos EGR e Módulos;
- Tubos de água e óleo;
- Bocas de carga de combustível
- Varetas de óleo;
- Módulos de Controlo para Velas Incandescentes;

## 1.2 Enquadramento do projeto e motivação

O presente projeto surgiu no seguimento das políticas estabelecidas pela empresa, com o objetivo concreto de melhorar os sistemas de abastecimento existentes na produção.

O trabalho foi realizado no departamento de Logística da BorgWarner, inserido na unidade de logística interna. Este setor é responsável pela gestão de todo o fluxo de materiais existentes na fábrica, desde o momento em que os componentes chegam ao armazém até ao momento em que os produtos terminados partem para o cliente. Os principais objetivos passam por melhorar a produtividade da produção e para isso é necessário garantir que haja sempre as quantidades de material desejado, no sítio certo, na hora exata.

O processo de abastecimento de material assume um papel vital, uma vez que é primordial alcançar o mínimo de paragens na produção por falta de matéria-prima. Em oposição, é de extrema importância assegurar que não se acumule demasiado stock nas linhas produtivas.

Na situação inicial é perceptível a compreensão dos diferentes tipos de desperdícios associados ao fluxo de abastecimento dos materiais, tais como distâncias percorridas e tempos perdidos pelos operadores no processo de alimentação de componentes nos seus postos de trabalho, desperdícios esses que poderiam ser reduzidos ou mesmo eliminados.

## 1.3 Objetivos do projeto

O principal objetivo deste projeto reside na aplicação de melhorias nos sistemas de abastecimento de duas linhas produtivas, com o claro intuito de promover o abastecimento ergonómico de material à mão do operador, reduzir os níveis de *stock* acumulado na produção, favorecer a segurança e a organização das próprias linhas. Uma delas encontra-se em fase de implementação, enquanto a outra é uma linha previamente existente. Mediante o êxito associado a este projeto, pretende-se que estas duas linhas dissemelhantes sirvam de modelo para futuras linhas a serem criadas e para a reestruturação do abastecimento de muitas das linhas já existentes.

## 1.4 Método seguido no projeto

Numa primeira fase foi analisado o panorama geral do funcionamento do fluxo de materiais existente na fábrica, desde o instante em que se dá a entrada do material no armazém, até ao instante em que se dá a saída dos produtos acabados para o cliente. O estudo realizado em pleno *shop floor* promoveu uma melhor compreensão do que realmente ocorre em cada uma das etapas do processo produtivo, permitindo perceber alguns dos principais problemas existentes.

A segunda fase consistiu numa observação pormenorizada do funcionamento do processo de abastecimento geral às linhas de produção de forma a compreender de que forma opera todo o sistema de pedido, transporte e reposição de material. Nesta mesma etapa foi feito um

acompanhamento e análise das rotas atuais efetuadas pelo comboio de abastecimento logístico.

Numa terceira fase foi analisada a situação atual do processo de abastecimento de uma linha de produção de tubos EGR já existente (dedicada a montagens de componentes, processo de curvaturas, testes de estanqueidade e revisões finais da peça) apenas para fazer um levantamento dos principais problemas presentes. Considerando que existe uma segunda linha de tubos EGR a ser implementada, foi estudado o seu estado inicial para posteriormente ser implementado um sistema de abastecimento de raiz, capaz de assegurar a eliminação dos problemas deparados na linha que se encontra em funcionamento.

Ainda nesta terceira fase foi estudado o panorama geral em que se encontrava uma linha dedicada à produção de *Coolers* (focalizada na montagem de componentes, testes de estanqueidade e controlos finais da peça). Para isso foi efetuada uma análise geral do ciclo de operações existente dentro da linha produtiva, de forma a facilitar a compreensão do fluxo de materiais. Consequentemente, através de princípios *Lean* foi possível analisar com clareza os desperdícios associados ao seu sistema de abastecimento.

A quarta fase consistiu no planeamento de futuras soluções, tendo em conta o espaço existente e as diferentes características dos diferentes componentes consumidos em cada linha. Relativamente à nova linha de Tubos EGR, foi elaborado um sistema de abastecimento de raiz. No caso da linha de *Coolers*, foi planificada uma profunda reestruturação ao sistema de alimentação existente.

De salientar que estas duas linhas produtivas produzem vários tipos de peças, o que fez com que fosse necessário estruturar um plano de abastecimento complexo que integrasse o fluxo de retorno de materiais de volta para o armazém, mantendo apenas os materiais estritamente necessários à linha de produção em cada momento.

Na última fase, foram executados os respetivos planeamentos delineados na quarta fase. No caso da nova linha de Tubos EGR foi possível cumprir a planificação estabelecida na totalidade. No caso da linha de *Coolers* devido à morosidade implícita ao processo de construção dos bordos de linha e do corte de algumas janelas e gradeamentos das máquinas, apenas foi possível concluir parcialmente a proposta de abastecimento efetuada.

A figura 4 representa um diagrama de Gant do projeto, com a planificação das tarefas e um *time line* associado.

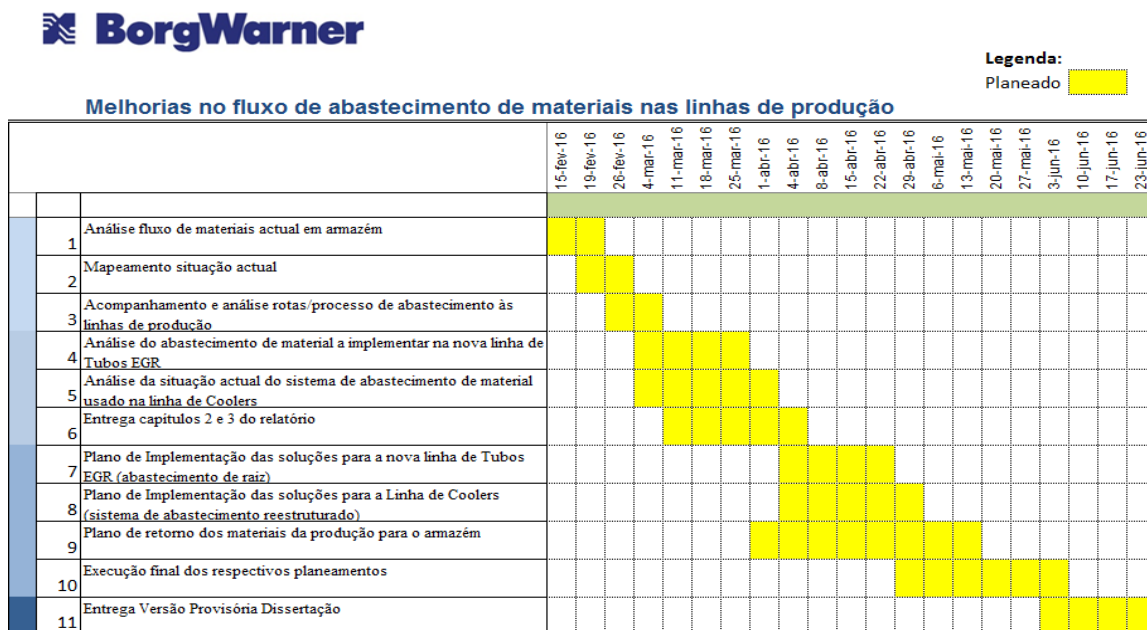


Figura 4 - Planeamento do projeto



## **1.5 Estrutura da dissertação**

A estrutura do presente relatório está organizada em 5 capítulos.

No capítulo 1 foi feita uma apresentação geral do grupo BorgWarner e da fábrica de Lanheses, local onde foi efetuado o projeto. Por outro lado foram expostos os principais objetivos do projeto, assim como o método seguido.

No capítulo 2 foi realizado um levantamento teórico dos conceitos e metodologias chave que serviram de suporte à realização do trabalho.

No capítulo 3 foi exposta a situação inicial, tendo sido assinalados os principais problemas constatados.

No capítulo 4 foram propostas as soluções para fazer face aos problemas detetados, tendo sido feita uma descrição pormenorizada de todo o processo de melhorias implementado.

No capítulo 5 foi feito um balanço final de todo o trabalho realizado. Foram apresentadas as conclusões do projeto e foi analisado o sucesso de execução das soluções encontradas. Para finalizar foram identificadas algumas oportunidades de melhoria que poderão ser abordadas no futuro.

## 2 Estado da Arte

Neste capítulo são expostos os conceitos teóricos de maior relevância que serviram de suporte para o desenvolvimento do presente projeto.

### 2.1 Filosofia *Kaizen*

A palavra *Kaizen* é de origem japonesa e pode ser fragmentada em duas partes. “*Kai*” designa “mudar”, enquanto “*Zen*” significa “para melhor”. A definição da palavra *Kaizen* sugere assim “mudar para melhor”, um conceito cada vez mais usado e aplicado em todo o mundo (Coimbra 2009).

A filosofia *Kaizen* é um modo de vida, onde a melhoria continua se assume como um hábito diário das organizações modernas dos dias de hoje (Imai 1998). Assim sendo, o objetivo máximo desta filosofia passa pela mudança da situação existente para melhor, eliminando o desperdício e consequentemente criando valor (Coimbra 2009).

De forma a melhorar a performance, é essencial por vezes uma mudança profunda, desde procedimentos, mentalidades, metodologias e até *layouts*.

### 2.2 Muda

*Muda* é uma palavra japonesa que significa “desperdício” e é usada para descrever o consumo de recursos sem acrescentar valor ao produto ou serviço final.

“Um dia, depois de observar com atenção o trabalho dos operadores no gembu, Taiichi Ohno disse aos trabalhadores: “Posso pedir-vos para conseguirem pelo menos uma hora de trabalho útil por dia?””(Imai 1997).

Taiichi Ohno, logicamente observou que os operadores estariam ocupados a trabalhar. Contudo Ohno não se estava a queixar da falta de empenho, referia-se sim às tarefas desnecessárias que não se traduziam em valor.

Obter um sistema produtivo ausente de *Muda* é o ideal máximo de qualquer organização. Todavia não sendo possível, é primordial conhecer a origem desse desperdício para posteriormente tentar eliminá-lo (Ohno 1988).

Taiichi Ohno catalogou sete tipos de desperdício:

- **Excesso de produção**

Deve ser produzido apenas o que o cliente realmente deseja. O excesso de produção é sem dúvida o maior dos desperdícios. Muitas vezes as empresas produzem mais do que as suas necessidades reais, com o objetivo de garantirem uma margem de segurança para qualquer eventualidade que possa ocorrer. Contudo esta forma de pensar não podia ser mais incorreta. Há uma série de custos associados a esta produção antecipada, tal como o maior consumo de

matéria-prima, maior consumo energético das máquinas, pagamento de horas de trabalho escusadas, garantia de espaço de armazenamento para o *stock* de produtos terminados e os custos inerentes à logística interna. A acrescentar a tudo isto, existe o risco do material não ser escoado, levando a perdas monetárias óbvias.

Por outro lado este excesso de produção acarreta problemas ainda mais graves para Ohno. Ao serem produzidas demasiadas quantidades de material relativamente às verdadeiras necessidades, são mascaradas eventuais ineficiências associadas ao processo produtivo. Consequentemente as falhas existentes não são corrigidas, mas sim ignoradas.

- **Inventário**

É a existência de material em excesso (tanto matéria prima, em curso de fabrico ou produto terminado). Só o material que está a ser utilizado faz os trabalhadores adicionar valor (Imai 1997). Tudo o resto assume-se como material que não está a ser transformado, sem valor a ser acrescentado (Coimbra 2009).

A visão tradicionalista da produção trabalha geralmente com enormes *stocks* intermédios, algo que não poderia estar mais errado, pois devemos considerar os stocks como um *muda* (Liker 2005).

O *stock* intermédio ideal é o unitário, denominado *one piece flow*. Esta forma de produção assume que os componentes são produzidos e passados para a operação seguinte, um de cada vez. Ao considerarmos este fluxo contínuo, é possível reduzir em muito os desperdícios.

Embora a redução de *stocks* possa não parecer a melhor política relativamente ao tempo de resposta a um pedido de um cliente, esta política leva-nos a benefícios óbvios como o ganho de espaço em todo o processo de produção ou a redução de custos associados a toda a sua gestão. Trabalhando com o foco de obter um *stock* nulo, operando em *JIT*, é possível estruturar a produção da melhor forma, para que esta possa dar a melhor resposta quando surgem os pedidos dos clientes. Por outro lado, esta política ajuda a colocar alguns problemas e obstáculos a nu que passariam despercebidos no caso da existência de *stocks* elevados (tal como se verifica no muda associado ao excesso de produção).

- **Defeitos**

Os defeitos de fabrico ocorrem quando um produto ou serviço não se encontra conforme as especificações do cliente. A reparação de um defeito acarreta custos elevados, tornando a produção mais cara. Estes custos revelam-se através do consumo adicional de materiais, esforço adicional da organização, retrabalho, transporte adicional, controlo adicional, espaço para peças a recuperar ou espaço para a área de *rework* (Ohno 1988).

- **Transportes**

Também conhecido como movimento de material onde “nenhum valor é adicionado porque nenhuma transformação acontece” (Coimbra 2009).

As deslocações desnecessárias são um tipo de desperdício que afeta qualquer organização, tanto a nível de custos, deterioração dos produtos ou tempo perdido.

Por exemplo, o número elevado de viagens de um empilhador que faz um número muito elevado de movimentações em vazio (percurso de vai e vem constante entre linhas de produção e armazém), poderia ser substituído pelo recurso a um comboio logístico (aglomerando os desperdícios de transporte num só, fazendo uma rota única em forma de anel

por toda a produção), melhoria esta que permitiria diminuir o número de viagens, movimentações em vazio e consequentemente o número de desperdícios de transporte.

- **Movimentos Desnecessários**

Este tipo de desperdício é de extrema importância e está ligado às movimentações dos operadores resultantes da não padronização do trabalho ou *layouts* mal estruturados a nível de ergonomia e abastecimento de material. Este *muda* surge vulgarmente associado aos casos em que um operador acaba por fazer mais movimentos do que os que na realidade necessitaria, como andar à procura de determinado material ou ter de se deslocar do seu posto de trabalho para se abastecer de matéria-prima para poder continuar o seu trabalho.

Algumas pequenas melhorias por vezes podem fazer toda a diferença, tais como:

- Alimentação de matéria-prima à mão do operário, tendo em atenção a ergonomia;
- Melhorar disposição dos *layouts*;
- Formação específica dos trabalhadores, standardizando o seu trabalho;

- **Processamento inadequado**

O desperdício associado ao processamento inadequado prende-se essencialmente com a aplicação de recursos, atividades, ferramentas ou equipamentos de forma excessiva ou desapropriada. Estes *mudas* associados ao trabalho a mais em relação ao que é realmente exigido pelo cliente, são fruto de especificações inadequadas do produto ou dos processos que são utilizados na sua conceção e acabam por não introduzir valor à peça.

- **Tempo de espera**

Este tipo de desperdício, ganha especial impacto devido aos tempos mortos perdidos pelos colaboradores e têm como principal resultado o aumento do lead-time. Estes tempos perdidos resultam principalmente da falta de material ou informação, pequenas paragens e arranques, *setups*, mudança de ferramentas ou falta de manutenção do equipamento. As consequências tornam-se bem visíveis, como a quebra de ritmo por parte da produção, recursos parados, falha das datas delineadas com o cliente e um aumento cada vez maior dos custos. Uma boa solução passa por afinar o abastecimento das linhas de produção, eliminar os *bottlenecks*, apostar na redução dos tempos de *setup*, normalizar instruções de trabalho, efetuar manutenção dos equipamentos de forma periódica ou diminuir número de *stocks* intermédios através da criação de um fluxo contínuo (de preferência unitário).

Por último, foi adicionado um oitavo desperdício por Jeffrey K. Liker e David Meier, fruto do não aproveitamento do talento e das ideias sugeridas pelos colaboradores (Liker 2005).

## 2.3 Orientação para o *Gemba*

O *Gemba* significa ir até ao campo de trabalho, ao local do acontecimento para resolver os problemas. É o “espaço onde ocorre a ação real”, onde se observa o chão de fábrica, onde se agrega valor, onde os problemas ocorrem e onde devem ser realizadas as melhorias e soluções. Estas passam pela mudança de hábitos de trabalho das pessoas de forma a melhorar e promover a produtividade e qualidade (Imai 1997).

Para permitir mudar o *Gemba*, temos de ir ao terreno onde acontecem as ações, para entender o impacto total do problema. É necessário observar a forma como se trabalha nos diferentes processos, identificar as principais falhas e apresentar soluções. Posteriormente é possível validar se as soluções encontradas são realmente uma melhoria, através da avaliação dos resultados obtidos por indicadores de gestão.

É muito importante envolver os trabalhadores de forma a entender os processos, assim como os verdadeiros motivos que conduzem a eventuais mudanças implementadas.

Para Euclides Coimbra (2009), existem dois pontos-chave essenciais para mudar as rotinas de trabalho, sendo o primeiro, modificar o *layout* físico do espaço de trabalho, para que as pessoas não tenham possibilidade nem alternativa de trabalhar da mesma maneira. O segundo, trata-se de alterar os padrões de trabalho e acostumar o trabalhador a seguir os novos métodos laborais até que se crie uma rotina.

## 2.4 Gestão Visual

A Gestão Visual é uma metodologia de comunicação compreendida e participada por todos, que transmite informações relativas à normalização de tarefas, identificação e localização dos materiais na fábrica, de forma rápida, fácil e eficaz, com recurso a imagens e cores. A comunicação da informação é efetuada através da criação de instrumentos visuais tais como códigos de cores, quadros de ferramentas, normas de trabalho, gráficos colocados estrategicamente em locais do chão de fábrica, regras de segurança e utensílios de trabalho que facilitem a passagem de informação da forma mais intuitiva possível.

Uma correta implementação das ferramentas de gestão visual contribui para aumentos de produtividade, explicados em grande parte pela eliminação de desperdícios associados às ações executadas pelos trabalhadores no dia-a-dia.

## 2.5 Sistema de Produção *Push* / *Pull*

O Sistema de Produção *Push* é caracterizado por uma produção baseada numa previsão de procura final e trata-se de um método de produção desenvolvido no início da era industrial. Com uma procura de mercado praticamente infinita e competição inexistente, o principal objetivo passava por seguir uma estratégia de produção em massa de forma a obter os menores custos possíveis (Dennis 2007).

O sistema tradicional *Push* consiste em empurrar o material acabado para o processo seguinte independentemente da sua necessidade naquele momento, e assim sucessivamente.

Como resultados diretos da filosofia *Push* pode-se destacar a utilização ineficaz dos recursos. Há um enorme gasto relativo ao armazenamento de elevados níveis de *stocks* por tempo indeterminado (tanto *stocks* intermédios como *stocks* de produto final). Por outro lado constata-se ainda desperdícios associados à falta de flexibilidade e problemas de qualidade, desconhecendo se o produto final será absorvido ou não pelo cliente.

O sistema *Pull* é uma das principais ferramentas que determina o sucesso do modelo de gestão *lean*. Este sistema, em oposição ao sistema *Push*, é iniciado pelo cliente. Através do Sistema *Pull*, em vez de se “empurrar” o produto, é o cliente que “puxa” toda a produção, que produz apenas as quantidades pedidas, com as especificações e no prazo que o cliente pretende. Este sistema apresenta benefícios óbvios em relação ao sistema *Push*, uma vez que todo o planeamento é realizado após a chegada de encomendas do cliente, favorecendo a diminuição ou eliminação dos custos de *stock* (Pinto 2009).

## 2.6 Os 5“S”

O Sistema 5S é usado com o objetivo de sistematizar as atividades de arrumação, organização e limpeza dos locais de trabalho, com o intuito de obter uma melhoria das condições de trabalho e uma redução de desperdícios, melhorando a produtividade.

A metodologia 5S é composta por cinco etapas cujos nomes têm origem em palavras japonesas:

- O primeiro S, denominado “*Seiri*”, é a primeira etapa a ser implementada e significa triagem. Consiste na separação dos objetos indispensáveis e supérfluos no posto de trabalho, eliminando os utensílios que não são necessários.
- O segundo S, denominado “*Seiton*”, é a segunda etapa a ser efetuada e significa organização. O seu principal objetivo passa por deixar as diferentes ferramentas arrumadas no seu devido local, fazendo com que os diferentes objetos estejam imediatamente disponíveis quando pretendidos. Nesta fase é importante organizar os utensílios de forma a que os de maior uso possam ficar mais próximos do trabalhador. Assim, é possível evitar gastos de tempo e energia desnecessários.
- O terceiro S, denominado “*Seiso*”, é a terceira etapa a ser realizada e significa limpeza. É essencial manter a qualidade do ambiente de trabalho e para isso é necessário manter o local de trabalho limpo e arrumado.
- O quarto S, denominado “*Seiketsu*”, é a quarta etapa a ser executada e significa normalização. Este conceito tem como base a criação de normas que sistematizem as atividades de triagem, arrumação e limpeza, zelando pela higiene e segurança no trabalho.
- O quinto S, denominado “*Shitsuke*”, é a última etapa a ser posta em prática e significa disciplina. Este “S” é bastante abrangente e foca-se no incentivo à melhoria contínua, através da constante aplicação do método 5S. Por outro lado é necessário que ocorram auditorias para verificar que esta prática se mantém. É importante envolver todos os trabalhadores, inculcando-lhes a vontade de fazer cada vez mais e melhor.

## 2.7 Nivelamento - *Heijunka*

O termo *heijunka* é uma estratégia de planeamento produtivo que consiste no planeamento da produção de forma nivelada, procurando um compromisso entre os tempos de *setups* dos equipamentos e os *stocks*. A programação é definida para pequenos lotes, calculados de modo a que a sua combinação possa absorver a flutuação da procura, de acordo com as necessidades do cliente.

Considerando a produção de vários produtos numa célula produtiva, é viável obter uma estratégia de sequenciamento de produção sincronizada com a procura atual do mercado. Através deste planeamento é possível que os equipamentos possam produzir diferentes modelos (Zapfel 1998).

## 2.8 Ferramentas de Logística Interna

### 2.8.1 Supermercado

“O termo Supermercado é um pouco vago, mas o conceito básico é ter a mesma facilidade de escolha de produtos como temos quando vamos a um supermercado para fazer compras” (Coimbra 2009). Esta ideia surgiu no âmbito de uma visita de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno aos

EUA, na qual foi observada a forma como operava o sistema de abastecimento dos supermercados. Primeiramente os produtos eram situados nos seus respectivos locais. À medida que estes iam sendo comprados pelos clientes, era feita a reposição dos produtos consumidos por um funcionário, para prevenir eventuais roturas de *stock*. O conceito associado ao supermercado de abastecimento foi assim implementado na Toyota por Ohno em 1953, inspirada nesses mesmos supermercados americanos (Marchwinski 2003).

O supermercado encontra-se estrategicamente situado no chão da fábrica, nas proximidades dos locais onde são consumidos os materiais, de forma a proporcionar o rápido abastecimento dos postos de trabalho. O seu princípio de funcionamento é bastante simples. O operador vai ao supermercado e retira as referências de materiais necessárias para o abastecimento da linha produtiva. Por outro lado, um outro operador repõe o material no supermercado para que não se atinja a rotura de *stock*.

Um Supermercado é uma área de armazenamento que segue algumas regras básicas, tais como (Coimbra 2009):

- Possui uma localização fixa para cada matéria-prima;
- Permite a gestão visual;
- Facilita o acesso para efetuar o *picking*;
- Promove o princípio do FIFO (*First in First Out*)

Estas infraestruturas de armazenamento permitem melhorar o fluxo logístico interno em armazém, disponibilizando o material necessário para o *picking* de forma muito mais acessível. Por outro lado assegura-se o cumprimento do FIFO, verificando-se o consumo dos materiais mais antigos primeiramente (Grant 2005).

O conceito de supermercado favorece a eliminação de “*muda*” da cadeia de valor. Em contraste com o armazém onde há movimentação de grandes lotes, o supermercado estabelece o conceito do fluxo de pequenas quantidades de cada vez e em função da necessidade (Coimbra 2009). Ao longo da cadeia de valor esse elemento facilita a criação de fluxo.

### 2.8.2 *Mizusumashi*

O *mizusumashi*, também conhecido como o operador que conduz o comboio logístico, é o responsável pelo fluxo de materiais e informação entre o armazém e a produção. Dada a necessidade de reduzir os desperdícios devido ao elevado número de movimentações feitas pelo empilhador tradicional para abastecer a produção, surgiu a necessidade de criar um meio de transporte em que fosse possível carregar um grande conjunto de materiais diferentes por ciclo de abastecimento. Desta forma surgiu o comboio logístico.

O *mizusumashi* cumpre uma rota fixa que se repete num intervalo de tempo bem delineado. Nessa rota são efetuadas paragens em diferentes pontos bem definidos da produção para abastecer as linhas com o material pedido pela produção. O trajeto inicia-se e termina no armazém, local onde o operador efetua o *picking* dos materiais. No entanto, é fundamental saber o que transportar no comboio e para isso os pedidos são efetuados normalmente com recurso a *Kanbans*, que asseguram a interface de informação no *shop floor*.

A figura 5 mostra a diferença entre um empilhador tradicional (vulgarmente apelidado de Táxi) e o *Mizusumashi*.

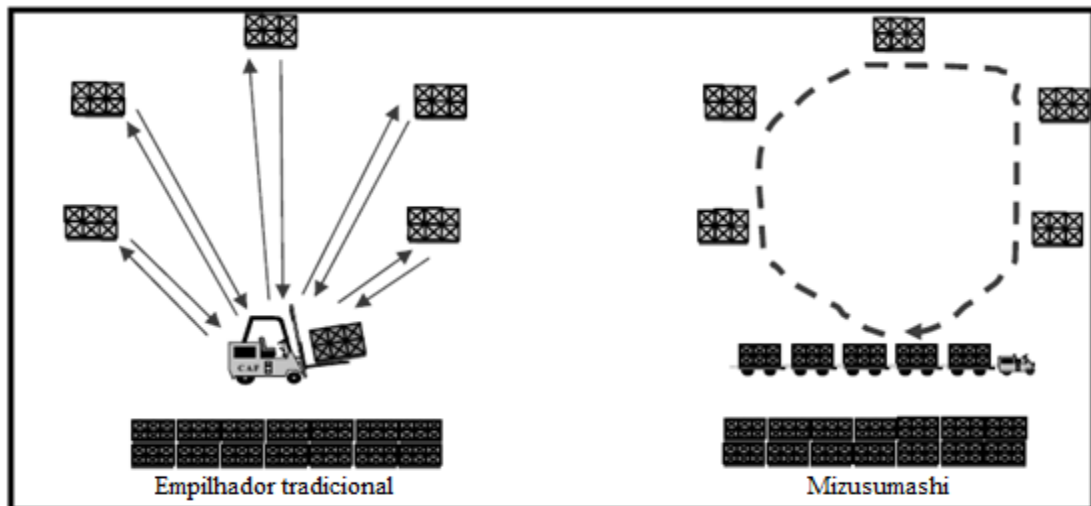


Figura 5 - Comparação entre empilhador tradicional e *mizusumashi*

in “Coimbra, Euclides A., Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains, 2009”

Tal como é observável na figura 5, por um lado o empilhador tradicional entrega em menor tempo o material, quando apenas uma peça é transportada. Contudo a probabilidade de um empilhador estar ocupado com algum pedido é elevadíssima, levando a grandes quantidades de tempo de espera por parte das linhas de produção. Além disso, é de salientar os altíssimos custos destes equipamentos, associados a uma produtividade baixa. O risco de acidentes é grande devido ao elevado fluxo de empilhadores entre armazém e produção (Coimbra 2009). É de destacar ainda a elevada distância percorrida pelo empilhador tradicional, assim como a quantidade de viagens feitas em vazio. O sobredimensionamento do empilhador relativamente ao peso da carga que normalmente transporta é outro dos *mudas* associados a este tipo de transporte de material.

Em oposição, o *mizusumashi* é muito mais eficaz. Através de apenas um trajeto, o comboio logístico opera como um metro, passando pelas estações da sua rota definida, sempre à mesma hora, descarregando ou carregando o material que estiver pronto para ser transportado, nas quantidades exatas. Desta forma é possível obter uma elevada rotação do material, favorecendo a não acumulação de *stock* e a organização de toda a produção. Esta alternativa revela ainda menores custos associados, aliados a uma produtividade alta. O risco de acidentes é bastante menor em relação ao caso do empilhador tradicional, uma vez que se reduz o tráfego entre o armazém e produção. Os *mudas* associados a este tipo de transporte são reduzidos quando comparados com os do empilhador tradicional. As distâncias percorridas são muito menores, assim como a quantidade de viagens feitas em vazio.

Para o *mizusumashi* operar na perfeição, alguns requisitos essenciais devem ser cumpridos, tais como:

- Rota do comboio logístico definida;
- Intervalo e quantidade exata de peças a abastecer bem determinada;
- Caixas de material de dimensões reduzidas;
- Emprego de estruturas inclinadas nas linhas de produção, que permitam o abastecimento de material o mais próximo possível da mão do operador;
- Fluxo contínuo de abastecimento e recolha de caixas vazias;
- Garantir o FIFO no momento do *picking*;



Ao cumprir com estes requisitos acima mencionados, o tempo gasto em viagens é consideravelmente inferior. Desta forma, é possível eliminar muito do *muda* associado ao transporte (Kovács 2011)

### 2.8.3 Kanban

“*Kanban*” é uma palavra japonesa que significa “etiqueta” ou “cartão” de sinalização e que serve para controlar os fluxos de produção ou transporte numa indústria. Representa uma ferramenta essencial que pretende diminuir os custos através da organização da empresa por cartões, símbolos, luzes, embalagens vazias ou painéis demarcados, no sentido de produzir o indispensável, acabando com desperdício tanto em material como pessoal.

O método *Kanban* é uma ferramenta fundamental usada pela filosofia “*just in time*” que permite atingir níveis de *stock* mais reduzidos. Este sistema apenas gera a necessidade de produção quando existe procura. O *kanban* pretende assegurar que o produto seja rapidamente entregue após o seu pedido, nas quantidades requeridas ao longo de toda a cadeia de valor (Courtois 1997).

Habitualmente trata-se de um cartão de tamanho reduzido que contém informações relativas à referência do material necessário, quantidades requeridas, designação do local onde se encontra localizado em armazém e local da produção onde vai ser consumido. Este sinal visual evita que sejam feitos produtos não solicitados, eliminando perdas por *stock* e por superprodução (Courtois 1997).

As vantagens associadas à utilização do sistema *Kanban* para as empresas são inúmeras. De destacar (Courtois 1997):

- Permite uma redução dos *stocks* e consequente redução dos custos associados, maior espaço na área fabril, melhor facilidade na gestão dos *stocks*, reação mais rápida às evoluções da procura (não é necessário sujeitar-se ao esvaziamento de *stock* para haver uma resposta);
- Expõe em maior destaque os diferentes problemas do processo produtivo;
- Possibilita que um sistema de produção passe a trabalhar em pull;
- Previne a produção e transporte em excesso;
- Viabiliza um controlo visual da produção, permitindo verificar se a produção está adiantada ou em atraso;
- Proporciona um controle eficiente dos estágios produtivos;
- Facilita uma circulação e controle rápido de informação, entre os postos de trabalho;
- Aumenta a capacidade de resposta da empresa face aos pedidos dos clientes;

Apesar das incontornáveis vantagens deste método, é importante assegurar que a capacidade de reposição do *stock* seja cumprida no tempo pretendido e “não esquecer que são necessários outros elementos para que o *kanban* seja eficaz, em particular a polivalência, a politecnicidade, a autonomia e a flexibilidade das pessoas que farão funcionar o *kanban*. As pessoas, como em qualquer projeto, são um dos fatores chave do sucesso do método” (Courtois 1997).

#### 2.8.4 Bordo de Linha

O bordo de linha é uma estrutura reservada para abastecimento de material a ser consumido no posto de trabalho, de onde o trabalhador retira os materiais necessários no processo de montagem e produção. O bordo de linha deve ser adaptado a cada posto de trabalho de modo a facilitar o trabalho ao operador para que este se possa concentrar unicamente na produção. Sem os bordos de linha, os trabalhadores perdem muito tempo em deslocações para se abastecerem com o material que necessitam, levando a elevadas perdas de tempo que poderiam ser aproveitadas na produção.

No entendimento de Phillips, o bordo de linha deverá criar uma boa gestão visual, de forma a reduzir perdas e desperdício na produção relativo a tempos de fornecimento e manuseio das peças, eliminando as falhas e paragens por falta de abastecimento e minimizando o movimento dos operadores (Phillips 1997).

Um bordo de linha bem desenhado deve ter em conta alguns pontos-chave (Coimbra 2009):

- O posicionamento do material no bordo de linha deve reduzir o número de movimentações de *picking* por parte dos operadores;
- O posicionamento do material no bordo de linha deve facilitar as movimentações do *mizusumashi*, ou do responsável pelo abastecimento da produção;
- O tempo gasto na mudança de referência de peça a produzir, deve ser o mínimo possível;
- A reposição de materiais nas linhas de produção deve ser a mais perceptível e intuitiva possível;

Através destes pontos-chave é possível ter uma clara percepção da importância do estudo, dimensionamento e localização dos bordos de linha.

Por um lado é importante ter em conta os consumos de material, possibilitando o cálculo do número de caixas necessárias de cada componente a serem abastecidas nos bordos de linha. Deve haver capacidade suficiente para fornecer à produção os componentes necessários para um período específico.

Por outro lado a localização deve estar estrategicamente posicionada à mão do operador, promovendo a ergonomia e a mínima movimentação possível. Contudo, por vezes é impossível devido à organização e disposição do *layout* da linha.

A otimização do abastecimento das linhas de produção é de extrema importância, onde os bordos de linha assumem um papel preponderante.

### 3 Situação atual

Numa primeira fase inicial é apresentado uma descrição da situação inicial para compreender todo o fluxo dos materiais na fábrica, desde o momento em que se dá a entrada dos componentes no armazém, até ao momento de saída dos produtos acabados para o cliente. Ir para o *gemba*, para o espaço onde as ações ocorrem, revela-se uma mais-valia para compreender o que realmente acontece em cada uma das fases do processo produtivo. É observado com pormenor todo o processo de abastecimento às linhas de produção da fábrica, de forma a reconhecer potenciais problemas e procurar soluções.

Seguidamente, é exposta a situação inicial de duas linhas de produção da unidade de Lanheses da BorgWarner.

#### 3.1 *Layout* atual da unidade de Lanheses da BorgWarner

Na figura 6 é possível observar o *layout* atual da fábrica da BorgWarner. Esta unidade apresenta uma clara divisão em três zonas principais: zona administrativa, produção e armazém. Demarcado a vermelho, é possível observar a zona administrativa. Circundado a verde encontra-se a produção e a azul o armazém.

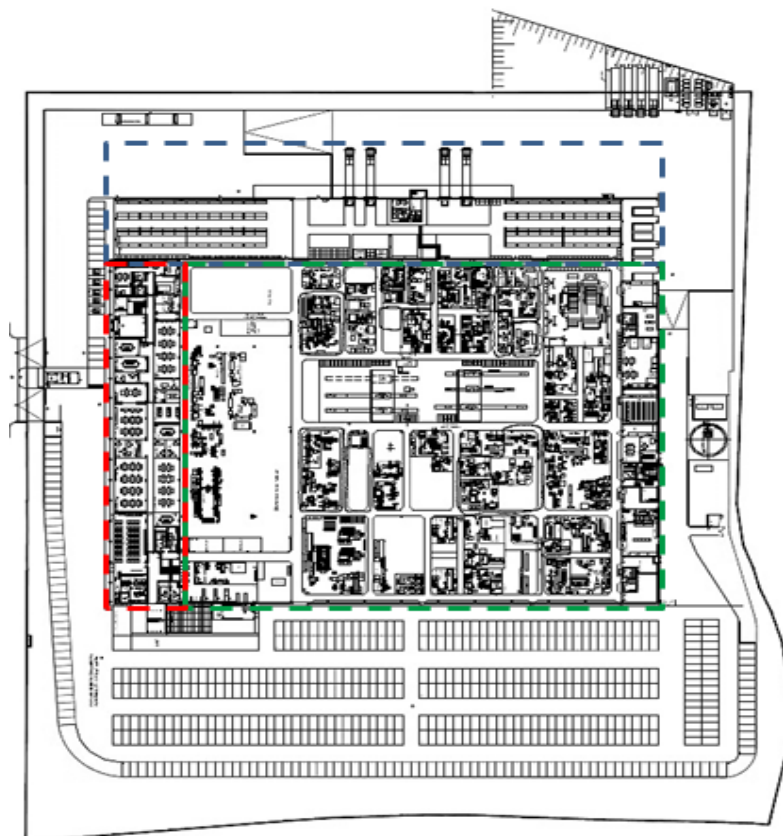


Figura 6 - *Layout* atual da fábrica da BorgWarner, em Lanheses

### 3.2 Layout atual do Armazém

Dentro do armazém atual é possível observar diferentes zonas existentes, tal como é perceptível na figura 7.

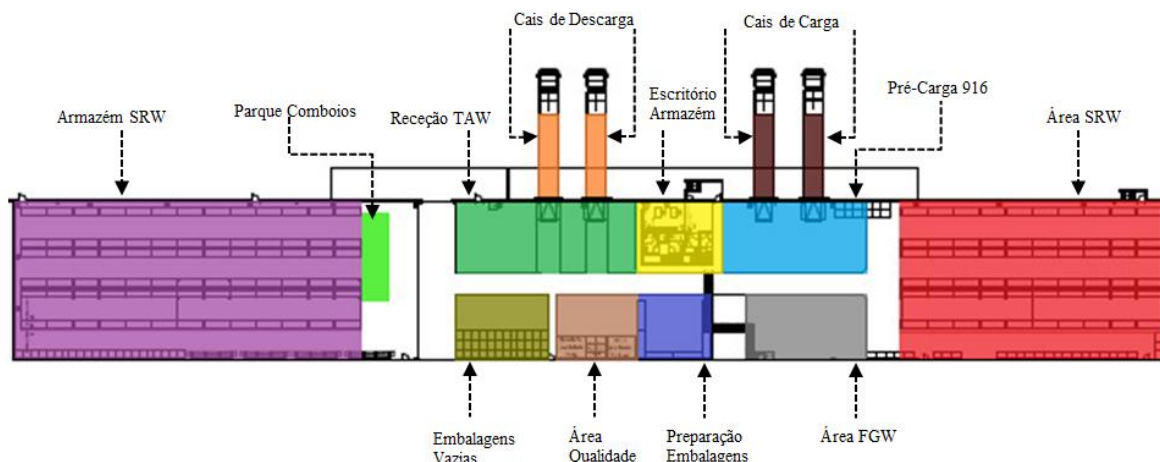


Figura 7 - Layout atual do Armazém da fábrica da BorgWarner, em Lanheses

Após a identificação do local onde se encontra cada uma das zonas do armazém, foram destacadas as áreas mais significativas para o presente relatório:

- **Receção TAW:** este local também é designado por *Transfer Area Warehouse*, onde é feita a receção das encomendas vindas do fornecedor
- **Armazém SRW:** é a zona destinada ao armazenamento de componentes. Possui várias filas de estantes. Os pisos 0 e 1 do Armazém SRW são reservados exclusivamente ao armazém avançado de *picking* efetuado pelo *mizusumashi*. Vulgarmente estes pisos 0 e 1 são chamados de Supermercado do armazém.
- **Cais de Carga e Descarga:** são os locais de onde são descarregados os materiais provenientes do fornecedor e carregados os produtos já terminados para o cliente.
- **Pré-Carga 916:** é a zona onde é colocada a mercadoria pronta para o cliente.
- **Área FGW:** também denominada *Finished Goods Warehouse*, é a área destinada à preparação das encomendas para os clientes.
- **Área SRW:** também denominada *Storage Rack Warehouse*, é a área destinada ao armazenamento dos produtos acabados, enquanto estes aguardam a ordem de expedição para o cliente.

### 3.3 Fluxo de Materiais

Após uma análise do fluxo de materiais no terreno, foi elaborado um fluxograma com o mapeamento do fluxo do material na fábrica, visível na figura 8, de forma a interpretar o funcionamento e sequenciamento das operações, desde que a matéria-prima chega do fornecedor até ao momento em que o produto terminado parte para o cliente. Só desta forma é possível identificar problemas existentes e assinalar algumas oportunidades de melhoria.

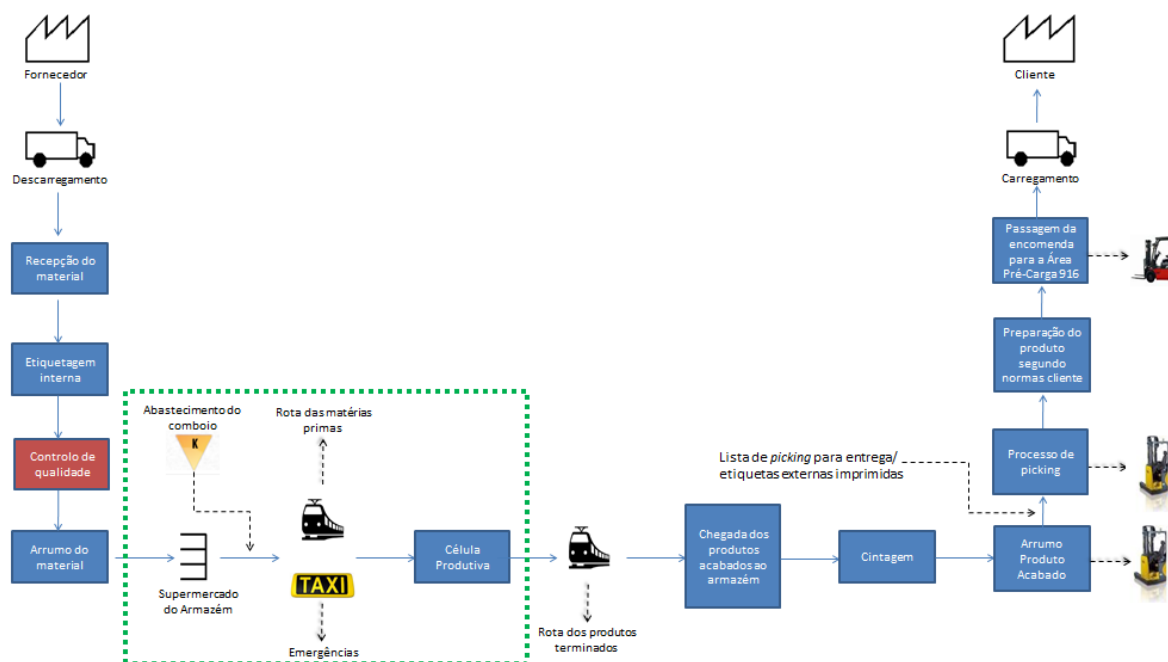


Figura 8 - Mapeamento do fluxo de material

O projeto efetuado centra-se concretamente nos sistemas de abastecimento de material nas linhas de produção e por isso detalhar-se-á os processos delimitados a verde com maior profundidade.

### 3.3.1 Descrição das operações do Mapeamento do fluxo de material

- **Receção do material:**

Primeiramente, o fornecedor chega com o material e dirige-se à receção para entregar a guia referente aos componentes que transporta. Após autorizada a descarga por parte da receção, o motorista dirige-se com o camião para o cais indicado. Com recurso a um operador logístico, o material é descarregado para a área de receção TAW. Após confirmada a receção do material através da guia validada, o mesmo operador logístico entrega a guia com o material descarregado ao administrativo da receção.

- Questões a analisar: É de destacar o facto de os fornecedores não cumprirem qualquer horário estipulado para a descarga do material, levando a picos de sobrecarga de trabalho por parte dos operadores logísticos. Por outro lado, por vezes os camiões fornecedores também têm de aguardar fora do recinto pela sua janela de descarga.

- **Etiquetagem interna:**

Após a chegada da guia ao administrativo da receção, é dada a entrada do material em sistema informático e imprimidas as etiquetas internas a serem colocadas em todo o material recebido.

- Questões a analisar: Falta de espaço para se proceder à etiquetagem.

- **Controlo de qualidade:**

O operador responsável pelo controlo de qualidade observa as descargas de material que surgiram e verifica as que necessitam de inspeção. Este controlo é feito no caso dos fornecedores ainda não serem da confiança máxima da empresa. Este mesmo operador imprime as gamas de controlo necessárias e desloca-se até ao local. Uma amostra de 5 componentes é aleatoriamente escolhida para se proceder aos testes de qualidade. Se o material estiver conforme, é colocado um carimbo de qualidade nas etiquetas. De seguida, o

operador volta ao seu posto de trabalho, dá a confirmação via SAP de que o material está dentro dos parâmetros definidos pelas gamas de inspeção (presentes em ficheiros excel) e o conjunto de peças é desbloqueado informaticamente. A partir deste momento, o material pode ser arrumado no armazém. Por último, um registo de inspeção é preenchido.

Após dez receções de determinado material ou seis meses sem registo de qualquer problema, o fornecedor passa a ter o rótulo de confiança, deixando de estar pendente de controlo.

- Questões a analisar: O sistema adotado das dez receções ou seis meses sem problemas é feito de forma manual, ou seja, é o controlador da qualidade que dá o aviso de forma presencial na receção. Este aviso poderia ser dado informaticamente.

- **Arrumo do Material:**

É nesta fase que o empilhador procede ao arrumo das paletes de material, procurando posições livres para o alojar. Quando é encontrada uma localização livre nas estantes do armazém SRW, o empilhador procede ao arrumo do material e localiza a posição informaticamente a partir do empilhador para a informação ficar registada em SAP. Uma vez localizada a posição, a paleta é assim arrumada na estante.

- Questões a analisar: Demasiado tempo perdido em deslocações, em busca de posições livres. Poderia existir algum tipo de indicador luminoso de ocupação das posições vazias.

- **Supermercado do Armazém:**

O supermercado do armazém possui um quadro de rotura de *stock* dos pisos 0 e 1 do Armazém SRW destinado à transmissão de informação de que há falta de determinada referência de material. Este quadro é constantemente atualizado pelo *mizusumashi*, que faz o abastecimento da matéria-prima nas linhas de produção. Este operador está sempre em contacto direto com os pisos 0 e 1 do armazém no momento do *picking* e é assim o primeiro a dar o alerta (via *kanbans* colocados no quadro acima referido) para que se possa voltar a repor esses mesmos pisos com o material que irá ser necessário futuramente.

Sempre que haja referências de materiais nesse mesmo quadro, o operador de reposição dos pisos 0 e 1 (é o mesmo operador responsável pela arrumação do material) verifica informaticamente se existe *stock* dessa referência. Caso não exista, o operador coloca um *kanban* no quadro de rotura de *stock* em armazém. Caso exista *stock*, o operador vai buscar o material existente nos pisos superiores e encaminha-o para a sua localização fixa nos pisos 0 e 1. Uma vez reposto o material na sua posição do supermercado, é registada informaticamente a transição efetuada.

- **Abastecimento de material na célula produtiva e recolha do produto acabado**

Formas de abastecimento de material:

O abastecimento de material é feito de duas formas. Por um lado há material que necessita de reposição horária (materiais de alto consumo) e por isso é sempre necessária a sua reposição. Estes materiais denominados materiais verdes, ocupam uma posição pré definida e identificada em algumas carruagens do comboio logístico, destinadas exclusivamente para estes materiais, como se pode observar na figura 9. Há o cuidado para este tipo de material colocado na carruagem estar estrategicamente do lado esquerdo ou direito consoante o local para onde é feito o abastecimento na linha de produção, facilitando o trabalho ao *mizusumashi*.

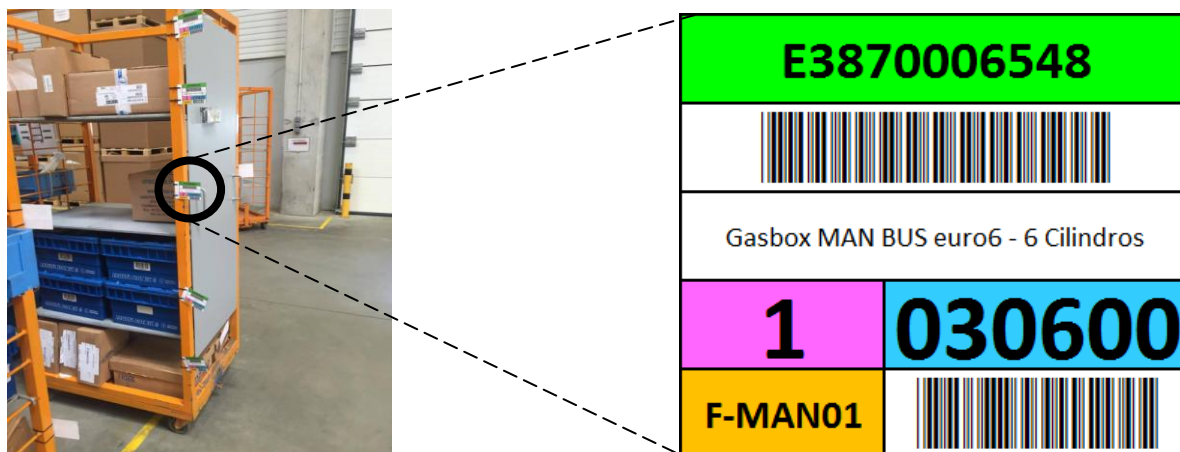


Figura 9 - Do lado esquerdo, cartão *kanban* de material verde com posição fixa nas carruagens do comboio. Do lado direito, esse mesmo *kanban* ampliado

Por outro lado, há material cujo abastecimento é apenas necessário de vez em quando na linha de produção devido ao consumo horário por caixa ser mais reduzido. Este tipo de materiais, denominados materiais amarelos, são pedidos pela linha de produção através do recurso a um cartão *kanban* de cor amarela voltado para a face da frente relativamente ao corredor de passagem do *mizusumashi*, e é colocado no bordo de linha ou supermercado presente na linha de produção, como se pode verificar no caso da figura 10.

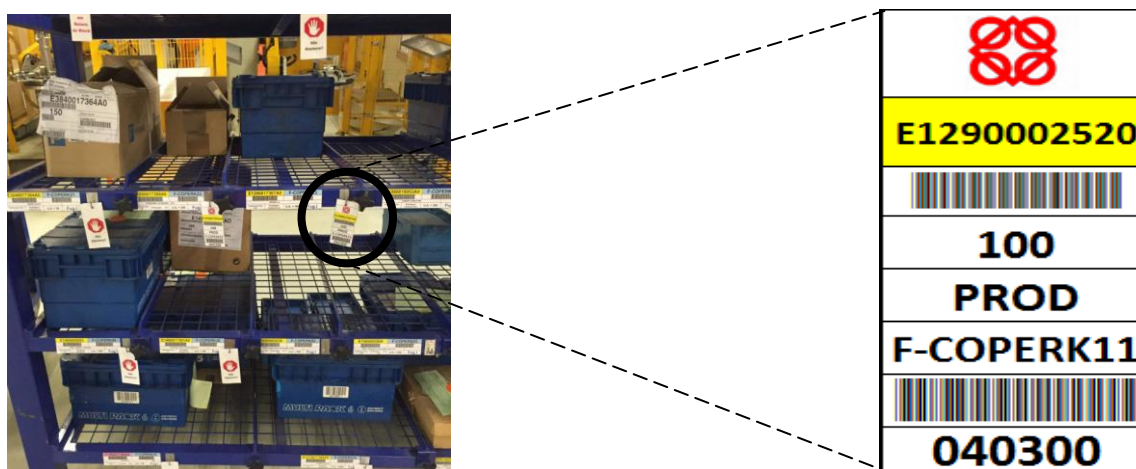


Figura 10 - Do lado esquerdo, cartão *kanban* voltado para a face da frente no supermercado de uma linha de produção. Do lado direito, esse mesmo *kanban* ampliado

### Rotas efetuadas pelo Comboio Logístico:

Atualmente existem duas rotas em funcionamento simultâneo, vulgarmente conhecidas na empresa como “rota do fugado” e “rota da montagem”. Cada uma das rotas de ciclo horário está subdividida em dois trajetos.

Um primeiro trajeto é efetuado para repor a matéria-prima necessária nos bordos de linha e supermercados das respetivas linhas de produção. Um segundo trajeto é feito para recolher os produtos acabados resultantes da produção. No anexo A e B é possível verificar os trajetos feitos por cada uma das rotas.

Relativamente ao anexo A é possível verificar os trajetos delineados pelo comboio logístico na Rota do Fugado. No anexo B constata-se os trajetos executados na Rota da Montagem. Tanto na Rota do Fugado como na Rota da Montagem, o trajeto de abastecimento de componentes à produção é feito numa única viagem. Contudo, o trajeto de recolha de

produtos acabados é subdividido em várias viagens devido à dificuldade de transporte de muitas carruagens com contentores, podendo comprometer a segurança. Constata-se um elevado *muda* associado ao tempo perdido e posto isto, foi estudado o tempo total consumido pelo *mizusumashi* em cada uma das Rotas.

A periodicidade do ciclo de abastecimento do comboio logístico neste momento é horária. Através da observação do anexo C podemos destacar que mesmo com o desperdício de tempo associado à fragmentação do trajeto de recolha de produtos acabados, é exequível cumprir com a periodicidade estabelecida nas duas rotas.

#### Descrição do Processo de abastecimento e recolha do produto acabado:

No anexo D, é possível observar o fluxograma da sequência de processos, desde o início do abastecimento de material até à recolha do produto acabado.

O *mizusumashi* inicia a rota de abastecimento da produção com o comboio carregado com o material necessário para a produção. No momento do fornecimento da matéria-prima (materiais verdes e amarelos) nas diferentes linhas produtivas, o *mizusumashi* recolhe os *kanbans* amarelos (voltados para a face da frente) colocados pela produção nos bordos de linha com as referências do material com necessidade de reposição na próxima hora. Por outro lado este mesmo operador coloca os *kanbans* amarelos (com a face virada para trás) nos bordos de linha correspondentes a cada um dos materiais amarelos acabados de fornecer.

É ainda da responsabilidade do *mizusumashi* proceder à recolha das caixas vazias presentes nas linhas de produção (estejam estas no bordo de linha ou em qualquer local visível na sua rota). Estas embalagens são colocadas nas carruagens vazias do comboio.

Depois de terminado o abastecimento das linhas de produção e recolha das caixas vazias, o *mizusumashi* vai imediatamente fazer o *picking* nos pisos 0 e 1 do Armazém SRW com a informação dos cartões *kanban* que recolheu e com os materiais verdes, cuja respetiva informação está agregada às carruagens do comboio. Caso existam referências em rotura no supermercado, é colocado um *kanban* identificativo correspondente a esse mesmo componente em falta, no quadro de rotura de *stock* dos pisos 0 e 1 do armazém.

Terminada a rota do *picking*, as carruagens já preparadas com o material ficam estacionadas, enquanto o *mizusumashi* com o mesmo comboio vai efetuar a rota dos produtos acabados, recolhendo-os da produção. Estes produtos podem vir embalados em caixas soltas, caixas armazenadas em paletes ou contentores. Uma vez etiquetados pelo *Team leader* responsável por cada linha produtiva, os produtos terminados são recolhidos pelo comboio logístico (agregando as paletes ou contentores ao comboio, através do sistema de engate existente) e deixados na área FGW. Por outro lado são repostos contentores e paletes com embalagens vazias na produção. Uma vez terminada a rota dos produtos acabados, o *mizusumashi* inicia a rota de abastecimento novamente prendendo o seu comboio às carruagens já carregadas com o material proveniente do processo de *picking* efetuado anteriormente.

Para abastecer os componentes mais pesados e de maior volume recorre-se aos *Stakers* (apelidados vulgarmente como Táxis). Estes operadores têm ainda a função de responder a eventuais emergências que possam surgir na produção. Muitas vezes estes trabalhadores deslocam-se sem qualquer material, apresentando um enorme *muda* associado.

#### ➤ Questões a analisar:

- Muitas vezes os cartões *kanban* caem dos bordos de linha, supermercados ou comboios logísticos (durante as rotas efetuadas), dando lugar a quebras de produção, forçando o táxi a trabalhos redobrados;



- Existência de Supermercados nas linhas de produção, levando a perdas óbvias de tempo em deslocações por parte dos operadores, tanto para abastecerem o seu posto de trabalho como para pedirem material através dos *kanbans* colocados nos supermercados;
- Abastecimento excessivo da produção por parte do *mizusumashi*, de forma a economizar tempo nas próximas viagens. Esta ação leva ao congestionamento das linhas de produção e ao favorecimento de *stock* empatado, algo que não deve acontecer.
- Há linhas que não possuem os melhores acessos, devido a alguns *layouts* antigos e mal estruturados face às exigências de logística interna cada vez maiores.
- A produção acumula bastantes paletes e contentores de material terminado, fruto da demora na verificação dos mesmos por parte dos Team Leaders de cada uma das linhas. Surgem problemas de falta de espaço, congestionamento e *stock* de material empatado na produção.
- O *mizusumashi* só consegue transportar no máximo seis carruagens de produto acabado ao mesmo tempo (de forma a manter a visibilidade, controlar as suas trajetórias e não comprometer a segurança), levando-o à passagem pelo mesmo local duas vezes. Há um claro desperdício de tempo associado ao número de viagens efetuadas.

- **Chegada dos produtos acabados ao armazém e arrumo do material:**

Uma vez chegados os materiais à área FGW, um operador confere as quantidades dos produtos terminados que se encontram nas paletes e procede à sua cintagem. De seguida, um outro operador logístico lê a referência dos produtos informaticamente e com recurso a um empilhador retráctil coloca na área SGW, onde houver espaço livre. No momento da colocação da palete em determinado espaço, o operador localiza a posição informaticamente para que a informação da entrada do produto em determinado local, entre em sistema.

- **Processo de *Picking* e preparação do produto segundo as normas do cliente:**

Apesar da produção ser *make to order*, normalmente os pedidos dos clientes são feitos com pelo menos um mês de antecipação e as entregas são geralmente semanais, surgindo assim a necessidade da elaboração de listas de *picking*. Desta forma o departamento de logística envia os pedidos dos clientes para o administrativo responsável pelas expedições. Por sua vez, este operador procede à impressão da lista, que posteriormente é recolhida pelo operador responsável pelo arrumo das paletes de produto acabado. As respetivas etiquetas externas segundo as normas do cliente são também fornecidas no momento de entrega da lista de *picking*.

Através dessa lista, as encomendas do cliente são baixadas da área SRW para a área FGW, realizando-se o *picking* das referências a expedir. Uma vez baixadas, procede-se à preparação do pedido, cintando-os novamente, se necessário. As etiquetas internas da BorgWarner coladas nas caixas das encomendas são substituídas pelas etiquetas externas. Nesta fase procede-se também a uma leitura informática final para assegurar que não houve qualquer engano. Desta forma é efetuado o registo via SAP da etiqueta interna e da externa. Informaticamente, o material passa a constar em pré-carga. A encomenda já preparada é deslocada pelo empilhador para a área de pré carga 916.

- Questões a analisar: O local onde o comboio logístico descarrega as peças acabadas (área FGW) é o local para onde são baixadas e preparadas as encomendas do cliente. Poderia ser implementado um sistema de marcação no solo, delimitando e separando cada um dos locais.

- **Pré-Carga e respetiva expedição:**

O produto terminado permanece em pré-carga 916 à espera que o transportador responsável pela encomenda se desloque até ao escritório do armazém. O transportador dá as indicações da encomenda a carregar e o administrativo responsável pelas expedições encaminha-o para um dos cais de carga. O camião posiciona-se no cais indicado e o operador de cargas e descargas procede ao respetivo carregamento do material. Depois de terminada a carga, o operador dirige-se ao administrativo e entrega a documentação correspondente à conclusão do processo de carregamento da encomenda. O administrativo prepara toda a documentação final a entregar ao transportador e por fim, dá-se a partida do camião.

### 3.4 Linha de Tubos EGR

#### Contexto:

A BorgWarner produz várias referências de Tubos EGR para a marca de automóveis Jaguar. Atualmente existe uma linha de produção em funcionamento para satisfazer os pedidos da marca. Contudo o cliente solicitou, para além das referências de peças habituais, novos tipos de Tubos EGR com características diferentes das que a linha atual produz. Surgiu desta forma a necessidade de implementação de uma nova linha produtiva destinada aos novos pedidos da Jaguar.

Desta forma, foi decidido que a nova linha a ser implementada se baseasse na linha de produção atualmente existente, tendo o especial cuidado no abastecimento ergonómico de material à mão do operador e essencialmente ter na produção apenas o *stock* de componentes estritamente necessário, promovendo a segurança e organização da própria linha.

O objetivo será de fazer desta, uma linha piloto para que possa servir de modelo para futuras linhas que possam vir a ser implementadas.

#### 3.4.1 Problemas da linha de Tubos EGR existente:

A linha de produção de Tubos EGR atual, apesar de recente, apresenta alguns problemas a nível de organização da linha, não reposição do material na mão do operador, excesso de esforços físicos, demasiado *stock* acumulado e algum congestionamento, favorecendo a insegurança. A figura 11 apresenta o *layout* da linha de Tubos EGR existente. A azul-escuro é possível observar o fluxo que segue o produto ao longo da linha produtiva. Circundado a vermelho, estão representados os locais de consumo de matéria-prima.

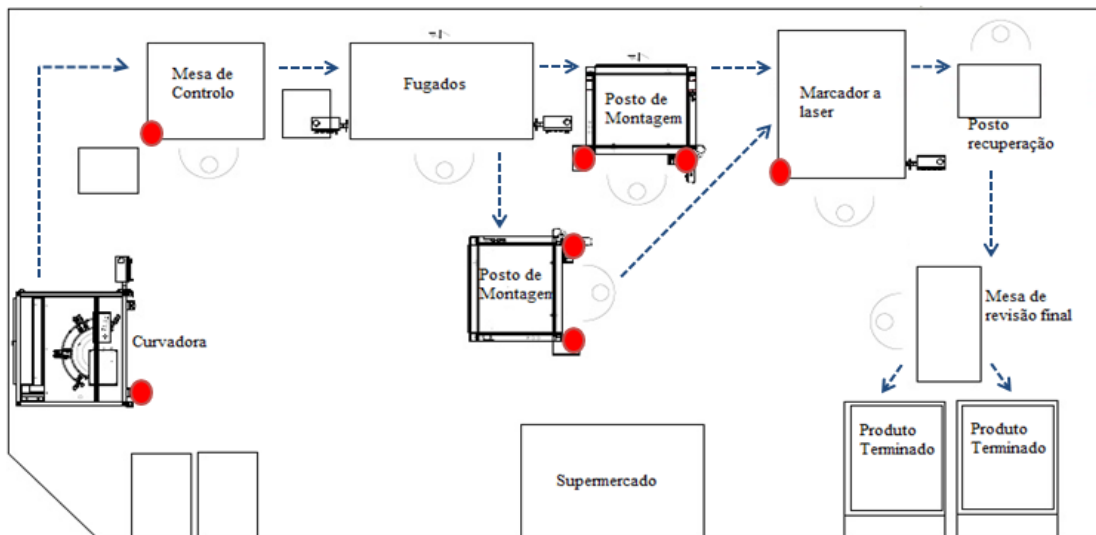


Figura 11 - *Layout* da linha de produção existente de Tubos EGR

- **Supermercado da linha:**

Tal como é possível observar através da figura 12, a existência de um Supermercado de matéria-prima na produção da linha existente promove um *muda* associado à perda de tempo por parte dos operadores em movimentações, tanto para a reposição de componentes necessários no seu posto de trabalho como para solicitar mais material, recorrendo aos *kanbans* existentes no supermercado. De notar que sempre que é necessário solicitar determinado material, os operadores da linha são obrigados a efetuar uma deslocação adicional ao supermercado para voltarem o *kanban* da referência pretendida para a face frontal, dando desta forma o aviso do seu pedido ao *mizusumashi*. Consequentemente, todos estes deslocamentos dão lugar a perdas de produção e favorece a desordem da própria linha produtiva. Por último, é ainda de destacar a pouca inclinação das estantes do supermercado, impossibilitando o deslizamento das embalagens livremente.

- **Stock acumulado associado aos momentos de troca de referência a produzir:**

Existe alguma acumulação de material armazenado no supermercado da linha produtiva. Uma vez que esta linha produz diferentes tipos de Tubos EGR, há a necessidade de consumir diferentes tipos de referências de componentes. Nos momentos de troca de referência a produzir, os operadores deixam de consumir determinados componentes e voltam a guardá-los nas estantes do supermercado da linha (juntando às restantes caixas da mesma referência que possam já existir no supermercado e que ainda não foram consumidas). Desta forma surge uma acumulação temporária de *stock* (ver figura 13) que não é benéfica para as operações realizadas na linha produtiva.

- **Excesso de esforços físicos:**

A ergonomia associada a esta linha produtiva não é de todo a melhor, tal como é possível observar novamente na figura 13. Uma vez que são utilizadas embalagens com algum peso é importante que estas sejam fornecidas à mão do operador. Contudo estas embalagens são abastecidas no supermercado, levando a grandes esforços físicos de carga por parte dos operadores. Muitas vezes é necessário que estes se curvem para abraçar as caixas e seguidamente as carreguem até às estruturas existentes para pousar o material nos postos de trabalho. A eficiência operacional é portanto comprometida, assim como a comodidade e saúde dos operadores.



Figura 12 - Supermercado presente na linha de tubos EGR



Figura 13 - Acumulação de *stock* e pouca ergonomia no supermercado da linha de Tubos EGR

### 3.4.2 Nova linha de Tubos EGR a ser implementada

A nova linha de Tubos EGR a ser implementada, informativamente conhecida como a nova linha F-AJ200, possui a seguinte configuração provisória (figura 14), onde as máquinas já se encontram montadas, faltando apenas a proposta de abastecimento da linha. A azul-escuro está representado o traçado do percurso que seguirá o produto ao longo da linha produtiva. Os círculos a amarelo correspondem à numeração sequencial do fluxo de operações. É de vital importância que os problemas da linha de tubos EGR existente e que foram acima mencionados, sejam colmatados da melhor forma. De salientar que é essencial a implementação de melhorias, maximizando consequentemente a eficiência produtiva.

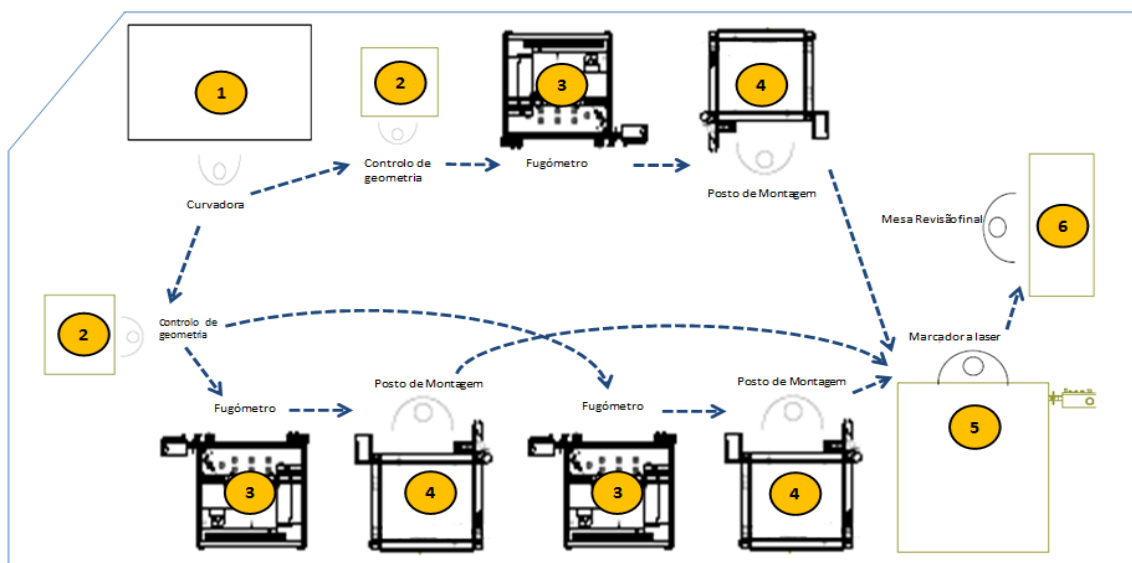


Figura 14 - Configuração provisória da nova linha de Tubos EGR

Na figura 15 é possível observar o estado em que se encontra a nova linha de tubos EGR a ser implementada. Na figura 16 é dado um exemplo de um Tubo EGR a ser concebido por esta linha produtiva.



Figura 15 - Nova linha de produção de Tubos EGR



Figura 16 - Tubos EGR a serem produzidos

Material a ser consumido:

A tabela 1 apresenta as referências de material que será consumido pela nova linha de tubos EGR, assim como algumas informações úteis que nos ajudam a compreender o tipo de material que será necessário para a fabricação destes tubos.

Tabela 1 - Diferentes referências de material para abastecimento da nova linha de Tubos EGR

Referência consumida	Descrição	Dimensões caixa (cm)	Peso por unidade (kg)	Peso por caixa (kg)	Nº Componentes/Caixa	Observações
E1080007531	GASKET Ø29 X 0.29 -57.2	40x30x23,3	0,004	2,4	600	material a granel
E1080012290	GASKET – SEALANT	40x30x23,3	0,004	2,4	600	material a granel
E1080012291	GASKET – SEALANT	40x30x23,3	0,003	1,8	600	material a granel
E1080012723	GASKET - SEALANT (valve side)	40x30x23,3	0,005	2,5	500	material a granel
E1080014560	GASKET - SEALANT (cooler side)	40x30x23,3	0,005	3	600	material a granel
E1080019211A0	GASKET Ø29 -57.2	40x30x23,3	0,002	1,2	600	material a granel
E1150005900	Abrazadera JATCO	40x30x20	0,001	2	2000	material a granel
E1150013384	CLAMP Ø36.5 CLIC R96 365	40x30x20	0,005	5	1000	material a granel
E1150029384A0	Clamp	40x30x20	0,002	1,8	900	material a granel
E1660007191	HEAT SLEEVE	40x32x23	0,052	15,6	300	material a granel
E1660007373	HEAT SLEEVE	40x32x23	0,014	12,6	900	material a granel
E1660013518A0	HEAT SLEEVE	40x32x23	0,026	4,55	175	material a granel
E1660014264	HEAT SLEEVE	40x32x23	0,03	6	200	material a granel
E1660009025	HEAT SLEEVE	40x32x23	0,042	7,35	175	material a granel
E1660021274A0	HEAT SLEEVE	40x32x23	0,02	10	500	material a granel

Objetivo:

- **Bordos de Linha:**

A estratégia de abastecimento passa pela colocação de bordos de linha ergonômicos nos postos de trabalho dos operadores, que através da gravidade forneçam a matéria-prima às mãos do operário. Desta forma é possível eliminar supermercados na linha de produção. Contudo a área livre é bastante limitada e não há espaço para bordos de linha de grandes dimensões. Por outro lado, uma vez que está programado esta linha produzir oito tipos de peças diferentes, nem todas as referências de componentes são utilizadas ao mesmo tempo. Há assim a necessidade de criar algum tipo de estratégia que permita obter bordos de linha pouco amplos mas funcionais, capazes de satisfazer as necessidades dos operadores na linha de produção aliados à não acumulação de qualquer *stock* sobranter de componentes (que possam não ter sido consumidos até ao momento de mudança de referência da peça a produzir e que já não sejam necessários para a produção).

**3.5 Linha de Coolers**Contexto:

No seguimento da política da BorgWarner de promover melhorias no abastecimento de componentes à mão do operador tendo em especial atenção a ergonomia e a redução de desperdícios, a linha de produção de *Coolers* (conhecida internamente como linha F-LION) foi identificada como problemática uma vez que possui um sistema de abastecimento de material muito deficiente, falta de espaço, congestionamento abundante dentro da linha e demasiado *stock* acumulado no supermercado de apoio. É importantíssimo reestruturar todo o sistema de abastecimento desta linha produtiva. Para uma melhor compreensão do fluxo dentro da linha e dos problemas deparados foi efetuada uma análise geral do ciclo de operações por operador assim como a elaboração de diagramas *spaghetti* dos movimentos



efetuados por cada um dos operadores da linha. Por outro lado foram registrados e tabelados os tempos perdidos por cada um dos operadores no abastecimento do seu posto de trabalho.

Na figura 17 observa-se a linha de produção de *Coolers* existente, responsável pela produção de três tipos de *Coolers*. Na figura 18 encontra-se representado um exemplo de um *Cooler* produzido.



Figura 17 - Linha de produção de *Coolers*



Figura 18 - *Coolers* produzidos

#### Material consumido:

O anexo E apresenta as referências de material que é consumido pela linha F-LION, assim como algumas informações úteis que nos ajudam a compreender o tipo de material que é necessário para a produção dos *Coolers*.

#### 3.5.1 Problemas da linha de *Coolers* atual:

A linha F-LION destina-se à produção de três tipos de *Coolers* e é composta por 5 operadores em simultâneo, tal como é possível observar na figura 19.

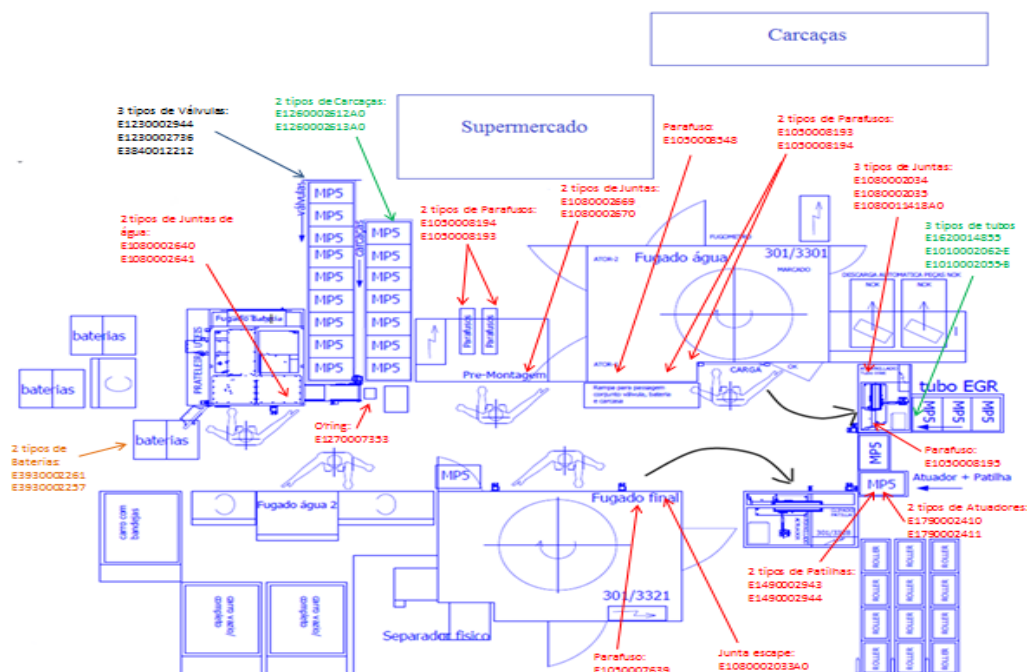


Figura 19 - Representação atual da linha de *Coolers*, com os locais onde são consumidas cada uma das referências de componentes

O sistema de abastecimento da linha de *Coolers* é feito com auxílio a um supermercado presente na linha de produção. A figura 19 ilustra a configuração atual da linha produtiva e o local onde os componentes são consumidos.

- No caso das referências que se encontram a vermelho, estas chegam diretamente do armazém e são abastecidas pelo *mizusumashi* no supermercado da linha. Uma vez necessário material no posto de trabalho de algum dos operadores, cada um deles desloca-se até ao supermercado para se abastecer, voltando seguidamente ao seu posto de trabalho já com a referência de material que necessita. De salientar que no caso destas referências a vermelho, sempre que é necessário efetuar o pedido de determinado material, os operadores da linha efetuam uma deslocação adicional ao supermercado para voltarem o *kanban* da referência pretendida para a face frontal, dando assim o aviso da necessidade de reposição.
- No caso das referências a preto (caso das válvulas), estas advêm do armazém e são abastecidas pelo *mizusumashi* no bordo de linha existente. A alimentação é feita à mão do operador, prevenindo-o de qualquer deslocação para reposição destas referências de material.
- No caso das referências a verde (caso das carcaças e tubos *inlet*), estas provêm de outras linhas de produção e são repostas pelos próprios operadores nos seus locais de consumo. Uma vez necessário efetuar o reabastecimento de carcaças ou tubos *inlet*, o operador tem de sair do seu posto de trabalho para ir buscar o material em falta aos respetivos locais de armazenamento de cada um dos materiais, que se encontram nas redondezas da célula produtiva.
- No caso das referências a laranja (caso das baterias), estas descendem de outras linhas de produção e são abastecidas pelos próprios operadores na célula produtiva. Uma vez necessário efetuar um reabastecimento de baterias, o operador é obrigado a sair do seu posto de trabalho para ir buscar a referência necessária a outra linha produtiva. As baterias são transportadas com recurso a carros internos (nome apelidado na fábrica para carros de transporte de material de umas linhas de produção para outras).

- **Movimentos excessivos dos operadores:**

Através da observação da figura 20, é possível denotar que os acessos ao supermercado existente não são os melhores, uma vez que este se encontra atrás da linha produtiva e o espaço de passagem da linha produtiva para o supermercado é bastante apertado. Contudo os operadores são obrigados a deslocar-se constantemente dos seus postos de trabalho até lá para pedirem material (recorrendo a *kanbans*) ou reporem componentes em falta.



Figura 20 - Supermercado atual da linha de *Coolers*

Por outro lado, há componentes que são provenientes de outras linhas produtivas e nesse caso os operadores são mesmo obrigados a sair da sua zona de produção para irem buscar essas referências. É o caso das baterias, carcaças e tubos *inlet*. Os processos não são automáticos, o que leva a que a produção fique parada enquanto as pessoas se deslocam, algo que não deveria acontecer.

Tendo em conta o *muda* associado às constantes distâncias percorridas a que são sujeitos estes operadores, recorreu-se a um diagrama *spaghetti* representado no anexo F, de forma a expor os movimentos efetuados por cada um dos operadores sempre que necessitam de material.

Por outro lado foi ainda determinada a frequência de viagens por turno, distâncias percorridas, e tempo perdido pelos operadores, associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho, tal como é possível verificar através do estudo presente no anexo G. Desta forma foi possível calcular as distâncias totais percorridas e o tempo total gasto pelos operadores na reposição de material a cada turno de oito horas, por cada uma das três referências produzidas. Os valores obtidos encontram-se discriminados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - distâncias percorridas pelos operadores associadas ao abastecimento dos seus postos de trabalho por cada turno de oito horas, dependendo da referência a produzir

Distâncias totais percorridas em turnos de produção da ref. E1010002055A1	Distâncias totais percorridas em turnos de produção da ref. E1010002062B1	Distâncias totais percorridas em turnos de produção da ref. E1010012267A1
1256 metros	1253 metros	1251 metros

Tabela 3 - tempo perdido pelos operadores associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho por cada turno de oito horas, dependendo da referência a produzir

Tempo total gasto em turnos de produção da ref. E1010002055A1	Tempo total gasto em turnos de produção da ref. E1010002062B1	Tempo total gasto em turnos de produção da ref. E1010012267A1
26 min 45 seg	26 min 41 seg	26 min 38 seg

Após a análise das tabelas 2 e 3, é possível compreender que há claras perdas de produção associadas às distâncias e quantidade de tempo perdido em movimentações para o abastecimento de material. Concludentemente estes desperdícios vão dando lugar pequenas paragens de produção que poderiam ser reduzidas caso o abastecimento de material fosse feito à mão do operador. É importante eliminar as deslocações para pedidos e reposição de material e para isso é necessário encontrar uma solução que reduza globalmente esse *muda*.

A criação de bordos de linha funcionais seria uma clara mais-valia, uma vez que possibilitaria a eliminação de supermercados e forneceria componentes às mãos do operador. Todavia, após analisada toda a linha produtiva revela-se de extrema complexidade a implementação destes mecanismos, uma vez que o espaço livre é bastante reduzido e os acessos à mão do operador não são os melhores.

Por último, é importante estudar uma reformulação do sistema de pedido do material que é abastecido no supermercado da linha, de forma que o operador não tenha de se movimentar do seu posto de trabalho sempre que precise de pedir matéria-prima.



- **Stock acumulado associado aos momentos de troca de referência a produzir:**

São visíveis as quantidades de matéria-prima paradas que se encontram depositadas no supermercado. Este facto ocorre devido aos momentos de troca de referência de peça a produzir, que faz com que os operadores arrumem aí o material que deixa de ser necessário à produção. A junção do *stock* dessas embalagens já abertas, aliadas às restantes embalagens material que existem no supermercado e que nunca foram consumidas, dá lugar a uma acumulação de stock no supermercado da linha (visualizar figura 21). Desta forma, é necessário encontrar algum tipo de sistema que permita fazer face a este problema que se vem arrastando.



Figura 21 - Elevadas quantidades de *stock* acumulado no supermercado da linha de *Coolers*

- **Falta de ergonomia:**

A falta de ergonomia é uma constante na linha de produção de *Coolers*. Desta forma podemos destacar dois factos:

- Se analisarmos novamente a figura 21, confirmamos que há embalagens de dimensões elevadas, cujas localizações no supermercado da linha produtiva obrigam a que os operadores tenham de efetuar alguns esforços suplementares para agarrarem e transportarem as caixas até aos seus postos de trabalho. O peso da caixa mais pesada presente no supermercado da linha ronda os 15 kg. No que toca às referências de material existentes nos locais de armazenamento próximos da célula produtiva, constata-se que o peso máximo associado a cada embalagem de carcaças é de cerca de 7,1 kg e no caso dos tubos *inlet*, o valor máximo de cada caixa situa-se nos 7,6 kg. A segurança e bem-estar dos operadores são assim comprometidas e é importantíssimo mudar esta situação. Os pesos e dimensões das caixas das diferentes referências de material encontram-se descritos no anexo E.
- Se examinarmos a figura 20, constata-se que o corredor de passagem dos operadores que faz a interface entre o interior da linha de produção e o supermercado é estreito, levando a claras dificuldades de passagem dos operadores. Quando estes estão carregados com material, têm de rodar o corpo e encontrar estratégias para conseguirem passar sem tocar com as embalagens nas máquinas que se encontram próximas. Esta situação promove mais uma vez a insegurança e o desconforto dos trabalhadores.

### 3.6 Troca de referência de peça a produzir:

Atualmente a linha de *Coolers* produz três referências de peças diferentes. Tal como na linha de Tubos EGR, esta transição de referências a produzir assume especial importância. Com tal, foi construído um fluxograma que pode ser examinado no anexo H para melhor compreensão de como está padronizado este processo e perceber alguns dos seus principais problemas associados.

Efetivamente os instantes de mudança de referência a produzir revelam-se bastante caóticos. O cliente realiza os pedidos das referências de produtos que pretende receber no próximo mês. Seguidamente os serviços de atenção ao cliente do departamento de logística comunicam a informação dos novos pedidos de material a produzir aos *Product Leaders* e *Team Leaders*, de forma a ser elaborado um planeamento semanal de produção (ver exemplo no anexo I). Contudo há contratempos imprevisíveis que surgem frequentemente, como o caso da falta de determinados componentes (devido a atrasos de produção de determinado material que é produzido noutra linha e que é necessário para a produção de *Coolers* ou rotura de *stock* de determinada matéria-prima) e ausência de embalagens vagas para colocação de determinada referência de produto terminado.

Estas contrariedades fazem com que seja necessário estar constantemente a atualizar o planeamento inicial estruturado, o que faz com que por vezes os momentos de troca de referência de peça a produzir sejam difíceis de prever com bastante antecipação.

Estes instantes são considerados delicados e é importante perder o mínimo tempo possível nesta transição. São necessários componentes que até aí não estavam a ser usados na produção, em detrimento de outros que passam a ser dispensáveis. Uma vez que muitas vezes é impossível prever as quantidades exatas do consumo de cada matéria-prima até ao instante de troca de referência, surge a acumulação de material sobrança na linha produtiva, fruto dos componentes que não foram consumidos pela produção e que voltam para o supermercado da linha. Esta acumulação de *stock* no supermercado não adiciona qualquer valor às novas peças a serem produzidas.

Por outro lado estas ocasiões revelam-se complicadas, uma vez que os operadores saem simultaneamente dos seus postos de trabalho para se abastecerem com as novas referências de material e para guardarem o material que já não irão consumir daí em diante, levando a um claro congestionamento na célula produtiva. Promove-se assim a desordem e até alguma insegurança.

De referir ainda que por vezes a produção tem de ficar à espera de material trazido pelo *mizusumashi*, resultante da falta de sincronização (entre produção e *mizusumashi*) ou algum tipo de atrasos. O arranque da produção pode assim ficar comprometido por alguns momentos, prejudicando a sua respetiva produtividade.

- **Objetivo:**

Enquanto na linha de produção de tubos EGR existente e na linha de *Coolers*, as referências de material sobrança que não foi consumido voltam para o supermercado da linha ou para os respetivos locais de armazenamento, na nova linha de tubos EGR a ser implementada isso não pode acontecer. Para além do facto de não existir muito espaço livre, é essencial não cometer os mesmos problemas detetados. Como tal, a hipótese de colocar um supermercado com todas as referências possíveis que alimentam a linha foi afastada logo à partida. No caso da linha de *Coolers* também é primordial proceder à eliminação do supermercado da linha existente.

O objetivo passa por devolver as referências de material sobran­te e que não foi consumido até ao momento de troca de referência a produzir, para o armazém. Manter estas referências em produção apenas iria promover a acumulação de *stocks*. Por outro lado é importante não acarretar desperdícios suplementares relativos ao transporte exclusivo de retorno de material.

Esforços estão a ser feitos para que seja criado um espaço intermédio no armazém para guardar os componentes provenientes dos carros de apoio às linhas de produção, onde seja possível arrumar as embalagens que já estiveram em produção mas que não foram utilizadas devido a mudanças de referência a produzir.

Uma vez necessárias essas mesmas referências de matéria-prima, estas teriam de ser as primeiras a voltar à produção. Desta forma a estratégia FIFO estaria assegurada, uma vez que não se misturariam lotes em relação às mesmas referências presentes nos pisos 0 e 1 do armazém SRW (destinado ao *picking*) e que nunca terão dado entrada na produção anteriormente.

Tendo em conta tudo que acima foi referido, a estratégia de gestão de trocas de referência a implementar deve assentar nos seguintes objetivos estabelecidos pelo direção de logística:

- Com a informação da sequência dos diferentes tipos de peça a produzir é fundamental preparar algum suporte de arranque com antecipação, através de um carro de apoio com material destinado à produção da próxima peça a produzir. O objetivo é que a linha de produção possa trocar de referência quando quiser, sem ter de esperar por eventuais abastecimentos tardios do comboio logístico. Por outro lado é fundamental garantir que este material presente no carro de apoio seja oriundo dos lotes mais antigos existentes em armazém, garantido que a estratégia FIFO seja cumprida;
- O *stock* de material sobran­te não pode permanecer na linha de produção. É de vital importância que todas as referências de material que não está a ser usado voltem para o armazém, mantendo a organização e segurança da linha. Uma vez necessário o material sobran­te novamente na produção, este deve ser complementado com material existente nos pisos 0 e 1 do armazém SRW, caso o material sobran­te não exista em número suficiente para assegurar o arranque da primeira hora de trabalho;
- Há material comum a várias referências a produzir que pode não ser necessário sair da linha de produção, uma vez que continuará a ser preciso na próxima referência. Desta forma é essencial arranjar um mecanismo que permita ao *mizusumashi* perceber de forma racional qual o material que terá de abastecer no carro de apoio (para a próxima referência a produzir), e qual o material que continuará a ter de repor normalmente em possíveis bordos de linha que possam ser criados à mão do operador;

Uma vez elaborada um planeamento bem estruturado e implementado, a tendência será para gradualmente ser estabelecido um *roll out* pelas outras linhas de produção.

Contudo a implementação de uma estratégia que consiga abarcar todos estes pontos é de difícil execução e por isso encontra-se a ser estudada a melhor forma de implementar este plano.

## 4 Apresentação das soluções propostas

No quarto capítulo são apresentadas as propostas encontradas para a implementação de um sistema de abastecimento de raiz na nova linha de produção de tubos EGR, reestruturação do sistema de abastecimento da linha de produção de *Coolers* e retorno do material sobrando da produção para o Armazém.

### 4.1 Nova linha de Tubos EGR implementada

- **Dimensionamento e Localização dos Bordos de Linha**

Primeiramente foi realizado um estudo detalhado dos materiais a serem consumidos pela nova linha de tubos EGR implementada. Tendo em conta o *layout* da linha produtiva, foi analisada a melhor forma de colocar bordos de linha nos postos de trabalho, o mais próximos possível dos seus locais de consumo, com o objetivo de reduzir a quantidade de movimentos sem valor por parte dos operadores. Por outro lado foi importante garantir que cada bordo de linha tivesse uma localização específica por componente, apesar da área livre entre postos de trabalho ser bastante reduzida.

Para a implementação de todo o sistema de abastecimento, foram calculadas algumas variáveis chave como o consumo por hora de cada referência, dimensões das embalagens de cada componente e quantidade de espaço livre entre postos de trabalho, para poder ser definido o dimensionamento dos bordos de linha da melhor forma. Na tabela 4 apresentam-se os seguintes valores:

Tabela 4 - Estudo do dimensionamento dos bordos de linha a implementar para cada componente

Referência consumida	Consumo por hora	Dimensões caixa (cm)	Nº caixas bordo de linha	Dimensões bordo de linha (cm)	Momento de consumo no posto de trabalho	Posto de trabalho	Tipo de bordo de linha
E1080007531	0,5	40x30x23,3	2	85x35x25	Antes de realizar operação na máquina	Marcador a Laser	BDL normal
E1080012290	0,25	40x30x23,3	2	85x35x25	Antes de realizar operação na máquina	Marcador a Laser	BDL normal
E1080012291	0,25	40x30x23,3	2	85x35x25	Antes de realizar operação na máquina	Marcador a Laser	BDL normal
E1080012723	0,3	40x30x23,3	2	85x35x25	Antes de realizar operação na máquina	Marcador a Laser	BDL normal
E1080014560	0,25	40x30x23,3	2	85x35x25	Antes de realizar operação na máquina	Marcador a Laser	BDL normal
E1080019211A0	0,25	40x30x23,3	2	85x35x25	Antes de realizar operação na máquina	Marcador a Laser	BDL normal
E1150005900	0,15	40x30x20	2	120x20x20	Após realizar operação na máquina	Posto de Montagem	BDL com funil
E1150013384	0,3	40x30x20	2	120x20x20	Antes de realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL com funil
E1150029384A0	0,167	40x30x20	2	120x20x20	Antes de realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL com funil
E1660007191	0,5	40x32x23	2	85x35x25	Após realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL normal
E1660007373	0,167	40x32x23	2	85x35x25	Após realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL normal
E1660013518A0	0,857	40x32x23	2	85x35x25	Após realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL normal
E1660014264	0,75	40x32x23	2	85x35x25	Após realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL normal
E1660009025	0,857	40x32x23	2	85x35x25	Após realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL normal
E1660021274A0	0,3	40x32x23	2	85x35x25	Após realizar operação na máquina	Fugômetro	BDL normal

Tendo em conta as indicações fornecidas pelo *Team Leader* desta linha, a produção horária de produtos terminados rondará os 150 tubos EGR. De acordo com as informações relativas ao número de componentes consumidos por produto terminado, número de componentes por caixa e produção horária, foi possível calcular o consumos por hora de cada referência da seguinte forma:

$$\text{Consumo/h} = (\text{Consumo} \times \text{Produção/h}) / \text{UA} \quad (4.1)$$

Onde:

Consumo/h, é o consumo de caixas por hora de cada componente  
 Consumo, é o número de componentes consumidos por cada produto terminado  
 Produção/h, corresponde à produção horária de produtos terminados  
 UA, corresponde ao número de componentes existentes em cada embalagem

Seguidamente foram medidas as dimensões das caixas (profundidade x comprimento x altura) de cada um dos materiais a ser abastecido pelo *mizusumashi*. Uma vez que seria necessário dimensionar bordos de linha pouco amplos mas funcionais, com capacidade de assegurar pelo menos uma hora de produção, foi calculado o número pretendido de caixas de cada componente que cada bordo de linha deveria suportar. Para isso foi utilizada a seguinte função em excel:

$$\text{BDL} = \text{ARRED.PARA.CIMA} ((\text{Consumo/h}) + 1 ; 0) \quad (4.2)$$

Onde:

BDL, é o número de embalagens por referência que cada bordo de linha deve suportar  
 Consumo/h, é o consumo de caixas por hora gasto por cada componente

Tendo como base os valores do BDL e as dimensões das caixas de cada componente, foram estimadas as dimensões dos bordos de linha (profundidade x comprimento x altura), capazes de assegurar o número de embalagens pretendido. Este dimensionamento foi efetuado da seguinte forma:

$$\text{Profundidade BDL} > \text{BDL} \times \text{Profundidade Caixa} \quad (4.3)$$

Onde:

Profundidade BDL, é a profundidade pretendida para o bordo de linha  
 BDL, é o número de embalagens por referência que cada bordo de linha deve suportar  
 Profundidade Caixa, é a profundidade de cada caixa

$$\text{Comprimento BDL} > \text{Comprimento Caixa} \quad (4.4)$$

Onde:

Comprimento BDL, é o comprimento pretendido para o bordo de linha  
 Comprimento Caixa, é o comprimento de cada caixa

$$\text{Altura BDL} \geq \text{Altura caixa} \quad (4.5)$$

Onde:

Altura BDL, é a altura pretendida para o bordo de linha  
 Altura Caixa, é a altura de cada caixa

Efetivamente houve o cuidado de colocar o material o mais próximo possível do local de consumo de cada operador e por isso estas estruturas foram colocadas em alguns casos no lado esquerdo e noutros casos no lado direito do posto de trabalho de cada operador. Nos casos da matéria-prima pouco sensível, pequena e de maior rotação (consumida por todas as referências de tubos EGR a produzir), optou-se por recorrer a bordos de linha estreitos com funis incorporados, capazes de alojar o volume de material existente no BDL calculado acima. Para estes casos o dimensionamento dos bordos de linha foi efetuado da seguinte forma:

$$\text{Volume caixa} \times \text{BDL} \leq \text{Profundidade} \times \text{Comprimento} \times \text{Altura} \quad (4.6)$$

Onde:

Volume caixa, é o volume de uma caixa de cada referência  
BDL, é o número de embalagens por referência que cada bordo de linha deve suportar  
Profundidade, é a profundidade pretendida para estes bordos de linha com funil  
Comprimento, é a largura do bordo de linha com funil (foi assumido o comprimento de 20cm)  
Altura, é a altura do bordo de linha com funil (foi assumida a altura de 20 cm)

Terminado o dimensionamento dos bordos de linha, foi contactada a empresa Makprofile para pedir o orçamento do tubo *lean* necessário para a construção dos bordos de linha. Foi também pedido o orçamento dos bordos de linha ergonómicos com funis incorporados à empresa Gesacuf. No anexo J e L é possível observar esses mesmos orçamentos, respetivamente.

De seguida foi pedida a aprovação dos orçamentos de compra solicitados, de forma a poder ser dada sequência ao processo de abastecimento da linha de produção. Uma vez aprovado o orçamento, procedeu-se à respetiva construção e implementação dos bordos de linha em tubo *lean* na linha produtiva. Por outro lado foram também montados os bordos de linha com funis incorporados encomendados, permitindo ao *mizusumashi* fazer o despejo do material a granel diretamente no bordo de linha e a consequente eliminação de caixas vazias espalhadas pela linha de produção.

A figura 22 apresenta o respetivo sistema de abastecimento implementado na nova linha de tubos EGR.

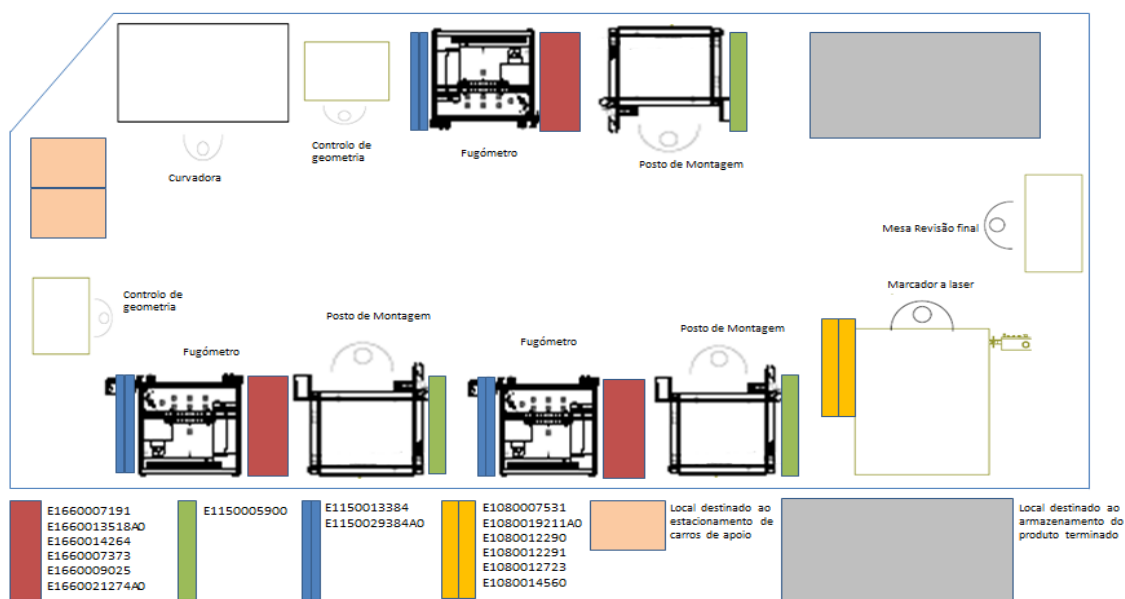


Figura 22 - Sistema de abastecimento implementado na nova linha de tubos EGR

Na figura 22 é possível verificar os locais onde os diferentes bordos de linha foram implementados. A vermelho representam-se os bordos de linha simples com *racks* de abastecimento normais, colocados sobre o lado direito ou esquerdo de cada Fugómetro, dependendo do fluxo de produção seguido. Do outro lado das mesmas máquinas foram incorporados bordos de linha de dupla entrada com funis incorporados e encontram-se representados a azul. A verde constata-se bordos de linha simples com funis incorporados que foram ajuntados aos três Postos de Montagem. Por último foi colocado um bordo de linha com *racks* de abastecimento normais e dupla entrada, que pode ser observado a amarelo ao lado do Marcador a Laser. As referências de matéria-prima consumidas em cada bordo de linha também podem ser visualizadas na mesma figura. É de notar que:

- Existem três bordos de linha simples (demarcados a vermelho) que são abastecidos com seis diferentes referências de material no mesmo *rack*. Contudo apenas um tipo de referência é consumida de cada vez, dependendo do tipo de tubo EGR a ser produzido no momento;



- Existe um bordo de linha de dupla entrada (demarcado a amarelo) que é abastecido com três diferentes referências de material em cada um dos *racks*. Contudo apenas um tipo de referência é consumida de cada vez em cada *rack*, dependendo do tipo de tubo EGR a ser produzido;

A atualização da mudança de etiqueta de identificação do material a entrar em cada *rack* de abastecimento é realizada pelo *Team Leader*, sempre que se procede à troca de referência a produzir.

Nas figuras 23, 24 e 25 observa-se o sistema de abastecimento implementado nos Fugómetros, Postos de Montagem e Marcador a Laser da nova linha de tubos EGR implementada. Na figura 26 encontra-se um dos carros de apoio estacionado na linha F-AJ200, no local devidamente estabelecido.



Figura 24 - Sistema de abastecimento implementado nos três Fugómetros



Figura 23 - Sistema de abastecimento implementado nos três Postos de Montagem



Figura 25 – Sistema de abastecimento implementado no Marcador a Laser



Figura 26 - Carro de apoio estacionado no local definido, na linha de produção

- **Identificação dos materiais**

Após a implementação dos bordos de linha foram efetuadas melhorias em relação ao sistema de identificação dos materiais anteriormente existentes. As etiquetas criadas e incorporadas nos alimentadores sofreram pequenas alterações, que podem ser observáveis a partir da visualização da figura 27.


<b>E1080012290</b>		<b>F-AJ200</b>	
		<b>2</b>	GX73 -HPLA
GASKET - SEALANT			
Consumo por hora 0,25	Embalagem: MP6	<b>U.A. = 600</b>	<b>Fug.I</b>

Figura 27 - Etiqueta identificadora de um dos materiais consumidos pela nova linha de Tubos EGR

Tal como é possível verificar na figura 27, constatou-se a inserção do número de embalagens que devem estar presentes no bordo de linha, após a passagem do *mizusumashi* pelo alimentador. Essa informação não estava presente nas etiquetas identificadoras de material até então. O número de embalagens existente nas etiquetas, corresponde ao valor calculado previamente para cada referência de material, através da equação (4.2). Verifica-se também a introdução da denominação interna dos produtos que são produzidos quando a referência de cada matéria-prima é consumida. Neste caso concreto, a referência do componente E1080012290 é utilizada nos momentos em que estão a ser produzidos tubos EGR do tipo GX73 e HPLA.

Observando agora a figura 28 é possível apurar que foi colocado um gancho com um cartão *kanban* ao lado da etiqueta identificadora de cada material, de forma a facilitar o trabalho ao operador do comboio logístico, prevenindo-o de qualquer esquecimento.

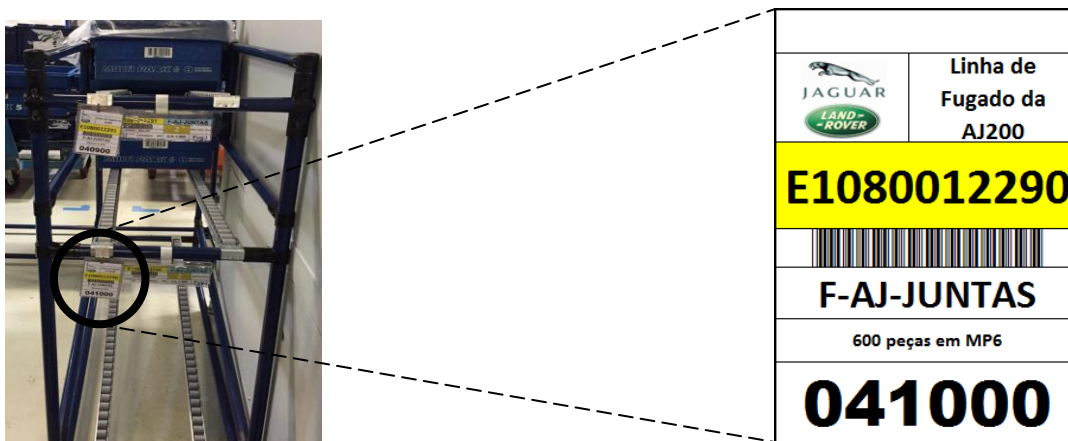


Figura 28 - Pormenorização de um dos *Kanbans* criados, já colocado no respetivo bordo de linha

A forma de abastecimento usada para o material a alimentar foi assim delineada da seguinte forma:

No momento da passagem do *mizusumashi* pelo alimentador, este verifica se o número de caixas existentes é igual ao número de embalagens indicado na etiqueta identificadora de cada referência. Se o número de caixas existentes for inferior, o operador recolhe o cartão *kanban* existente no gancho ao lado correspondente ao material com necessidade de reposição. No caso dos bordos de linha com funil incorporado, o operador do comboio logístico visualiza se o alimentador contém muito ou pouco material. Caso o bordo de linha não contenha uma



elevada quantidade de componentes, o *mizusumashi* recolhe o cartão *kanban*, tal como faz no caso dos bordos de linha normais.

De notar que nos casos do material de alto consumo, este necessita de reposição horária e por isso possui uma posição predefinida e identificada nas carruagens do comboio logístico. Desta forma não há necessidade de recorrer ao sistema de *kanbans* para este tipo de materiais.

Posteriormente no momento de *picking* nos pisos 0 e 1 do armazém SRW, o operador do comboio logístico consulta o cartão *kanban* recolhido anteriormente e recolhe a referência do material a abastecer.

Por último, o *mizusumashi* volta à produção e coloca o material que estava em falta no bordo de linha. O cartão *kanban* recolhido anteriormente é também reposto novamente no gancho.

Através da implementação desta estratégia de abastecimento foi possível fazer com que os operadores desta nova linha produtiva se concentrassem exclusivamente na produção. Desta forma estes mesmos trabalhadores não necessitam de fazer qualquer tipo de movimentações sem valor associadas a pedidos de abastecimento de matéria-prima, uma vez que essa tarefa passou a estar a cargo do operador do comboio logístico.

## 4.2 Linha de produção de *Coolers*

### • Dimensionamento e Localização dos Bordos de Linha

Numa primeira fase, foi analisada a linha de produção na íntegra para compreender a melhor forma de reestruturar o sistema de abastecimento anteriormente existente. O dimensionamento e a localização dos bordos de linha a implementar assumiram uma importância chave. Por um lado foi importante garantir que cada bordo de linha estivesse o mais próximo possível da mão dos operadores. Por outro lado, tendo em conta a área livre muito reduzida entre postos de trabalho, aliada à impossibilidade de alargar e reorganizar o *layout* da linha produtiva, tornou-se de difícil execução a implementação de bordos de linha simples, baratos e de fácil montagem.

Para delinear esta proposta de abastecimento, foram estudados detalhadamente cada um dos materiais consumidos para compreender qual o sistema de abastecimento mais vantajoso a implementar para cada material. O objetivo concreto passou por reduzir os movimentos excessivos dos trabalhadores, diminuir o *stock* acumulado e promover a ergonomia e organização na produção. Tendo em conta os consumos horários de cada componente, tipo de material, dimensões das embalagens e espaço livre em cada posto de trabalho, foi elaborado seguinte estudo do dimensionamento dos bordos de linha a implementar para cada componente.

As equações usadas para a elaboração do anexo M foram as mesmas que foram utilizadas para a composição da tabela 4, correspondente ao estudo do dimensionamento dos bordos de linha a implementar na nova linha de tubos EGR. Sabendo que a produção horária da linha de produção de *Coolers* ronda as 60 peças por hora, aliada às informações relativas ao número de componentes consumidos por produto terminado e número de componentes por caixa, foi possível chegar ao valor do consumo horário de cada material.

Posteriormente foram medidas as dimensões de cada caixa e calculado o número pretendido de caixas de cada componente que cada bordo de linha deveria suportar

Através dos valores obtidos para o BDL, foi possível efetuar um dimensionamento que permitisse assegurar bordos de linha pouco amplos e funcionais, capazes de assegurar pelo menos uma hora de produção.

Terminado o dimensionamento, foi investigado o melhor local para colocar os bordos de linha em cada posto de trabalho, tendo em conta os locais de consumo de cada material e o espaço livre existente.

Uma vez finalizado o estudo, foram propostos diferentes tipos de alimentação e bordos de linha, tendo em conta toda a análise efetuada tanto ao *layout* da linha, como aos tipos de materiais utilizados. As estruturas propostas foram as seguintes:

- Bordos de linha simples, com racks de abastecimento normais

Estas estruturas foram propostas para a maior parte dos componentes da linha produtiva, uma vez que se revela uma solução barata, funcional e capaz de ser concebida internamente. Desta forma, através de tubo *lean* já existente na fábrica encontram-se a ser criados alguns dos bordos de linha dimensionados previamente.

- Bordos de linha estreitos, com funil incorporado

Estas construções foram sugeridas para o material existente a granel, de pequenas dimensões e maior rotação (consumido por todas as referências de *Coolers* a produzir). Desta forma, optou-se por este mecanismo para efetuar a alimentação dos parafusos consumidos pela linha. Dada a impossibilidade de produzir este tipo de construções complexas internamente, foi contactada a empresa Gesacuf para pedir o orçamento (observar anexo N) para estes bordos de linha com funil incorporado. Estes alimentadores têm de passar obrigatoriamente por dentro da estrutura de algumas máquinas (ver anexo O), devido à falta de espaço livre na linha de produção e por isso exigiu um dimensionamento efetuado por pessoas especializadas na área. Foi também recuperado um bordo de linha de entrada dupla com funil incorporado, contudo houve a necessidade proceder à mudança do funil existente, uma vez que este se encontrava degradado. O orçamento realizado encontra-se presente no anexo P.

- Bordo de linha com múltiplos alimentadores

O posto de trabalho 1 consome bastantes referências de matérias-primas num curto espaço, o que torna inviável a colocação de bordos de linha normais. Assim sendo, foi chamada a empresa Makprofile à fábrica, no sentido de ser encontrado um mecanismo eficiente, capaz de alimentar as diferentes Juntas, O-rings e Válvulas na mesma estrutura. No anexo Q é possível visualizar a estrutura criada. Existem quatro prateleiras no bordo de linha criado. A prateleira superior corresponde ao retorno de caixas de Juntas e O-rings. A prateleira mais curta central corresponde ao abastecimento de Juntas e O-rings. A prateleira mais longa central (com menor inclinação) corresponde ao abastecimento de Válvulas. A prateleira inferior corresponde ao retorno de embalagens de Válvulas. Finalmente, o mecanismo de contra-peso incorporado permite facilitar o trabalho ao operador pois permite acionar com a mão a passagem de caixas de válvulas da prateleira de abastecimento para a prateleira de retorno, de forma simples e eficaz. No anexo R está discriminado o orçamento correspondente ao engenho concebido.

- Carro Interno

Uma vez que o transporte dos carros internos de Baterias até à linha de produção era da inteira responsabilidade dos operadores, foi sugerida a passagem dessa tarefa para o *mizusumashi*. Como a rota do Fugado realizada por este operador já passava previamente na zona dos Fornos (local onde se encontram os carros que albergam as Baterias prontas a serem recolhidas), não houve qualquer necessidade de efetuar mudanças na rota já existente.

Tal como no caso das Baterias, há componentes consumidos pela linha de produção de *Coolers* que provêm de outras linhas produtivas. É o caso das Carcaças e Tubos *inlet*. Estes dois materiais já eram deixados pelos operadores de outras linhas produtivas nos respetivos locais de armazenamento existentes nas proximidades da linha de *Coolers*. Contudo foi

proposto ao *mizusumashi*, a delegação do transporte destes materiais dos locais de armazenamento até à mão do operador, com o intuito de reduzir as paragens de produção. Desta forma foi acordado que após os bordos de linha estarem implementados, o operador logístico passasse a efetuar o abastecimento diretamente nos alimentadores.

A figura 29 mostra o sistema de abastecimento proposto para a linha de produção de *Coolers*.

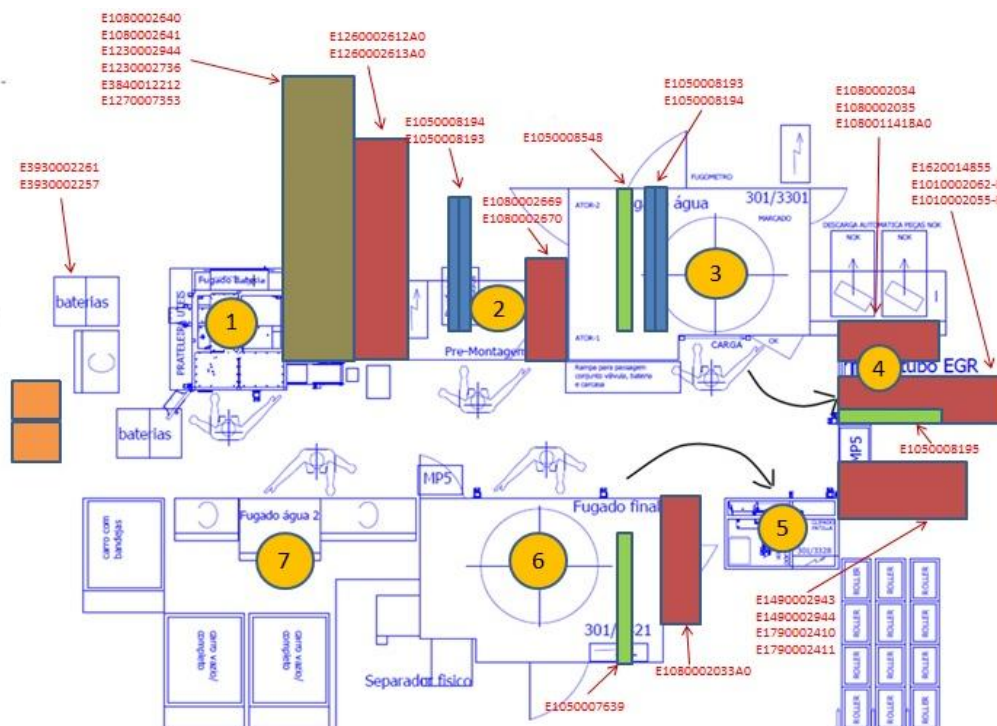


Figura 29 - Proposta de sistema de abastecimento para a linha de produção de *Coolers*

Na figura 29 é possível observar a proposta de abastecimento delineada para a reestruturação da alimentação de componentes na linha F-Lion. A vermelho estão representados os bordos de linha simples com *racks* de abastecimento normais. A verde-claro verificam-se os bordos de linha simples com funis incorporados. A verde-escuro encontra-se o bordo de linha com múltiplos alimentadores. A azul constata-se bordos de linha de dupla entrada e a laranja está definida a posição estipulada para os carros de apoio destinados aos momentos de troca de referência de *Coolers* a produzir. Os círculos a amarelo correspondem aos diferentes postos de trabalho existentes nesta linha de produção.

- **Ponto de situação presente:**

Após a proposta de abastecimento estar concluída, foi pedido ao Departamento de Compras da BorgWarner para analisar e autorizar os orçamentos de compra presentes no anexo N, P e R. Depois de alguma discussão relativa aos orçamentos, foi possível dar sequência ao processo de reestruturação da alimentação da linha de *Coolers*. Por um lado começaram a ser concebidos internamente os bordos de linha simples anteriormente dimensionados. Por outro lado, foi dada a ordem de construção dos bordos de linha estreitos com funis incorporados e do bordo de linha com múltiplos alimentadores.

Devido à morosidade implícita ao processo de construção dos bordos de linha e do corte de algumas janelas e gradeamentos das máquinas, neste momento muitas das estruturas ainda não se encontram implementadas e desta forma ainda não foi possível retirar o supermercado existente. Porém já existem algumas melhorias presentes na linha, o que já se traduz num menor tempo perdido e redução de movimentos sem valor por parte dos operadores. Desta forma, foi feito um estudo presente no anexo S para que pudessem ser calculadas as novas

distâncias totais percorridas e o tempo total gasto pelos operadores na reposição de material nos seus postos de trabalho a cada turno de oito horas, por cada referência de *Coolers* produzida. As tabelas 5 e 6 apresentam os desperdícios associados a esses mesmos fatores no início do projeto, no presente e no futuro, quando todos os alimentadores estiverem montados. De salientar que não estão contempladas as deslocações dos operadores associadas aos momentos de troca de referência de *Cooler* a produzir.

Tabela 5 - Comparação das distâncias totais percorridas pelos operadores, associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho no início do projeto, presente e futuro

	Distâncias totais percorridas em turnos de produção da ref. E1010002055A1	Distâncias totais percorridas em turnos de produção da ref. E1010002062B1	Distâncias totais percorridas em turnos de produção da ref. E1010012267A1
<b>Início</b>	1256 metros	1253 metros	1251 metros
<b>Presente</b>	114 metros	102 metros	100 metros
<b>Futuro</b>	0 metros	0 metros	0 metros

Tabela 6 - Comparação do tempo total perdido pelos operadores, associado ao abastecimento dos seus postos de trabalho no início do projeto, presente e futuro

	Tempo total gasto em turnos de produção da ref. E1010002055A1	Tempo total gasto em turnos de produção da ref. E1010002062B1	Tempo total gasto em turnos de produção da ref. E1010012267A1
<b>Início</b>	26 min 45 seg	26 min 41 seg	26 min 38 seg
<b>Presente</b>	3 min 56 seg	3 min 38 seg	3 min 35 seg
<b>Futuro</b>	0 seg	0 seg	0 seg

Tal como é possível verificar através dos valores obtidos, foi possível concluir que houve uma clara redução dos desperdícios deparados no início do projeto, o que se traduz num fluxo de produção cada vez mais contínuo, com menos paragens. Quando todos os bordos de linha estiverem implementados, não haverá qualquer necessidade dos operadores se deslocarem dos seus postos de trabalho para se abastecerem.

Nas figuras 30, 31, 32 e 33, é possível verificar os diferentes bordos de linha já colocados na linha até ao momento.



Figura 31 - Bordo de linha simples, responsável pelo abastecimento de Carcaças no posto 2



Figura 30 - Bordo de linha estreito de dupla entrada com funil incorporado, responsável pelo abastecimento de dois tipos de parafusos no posto 2



Figura 33 - Bordo de linha simples, responsável pelo abastecimento de tubos *inlet* no posto 4



Figura 32 - Bordo de linha simples com dois *racks* responsáveis pelo abastecimento de atuadores e patilhas no posto 5

### • Identificação dos materiais

Neste momento já se encontram criadas as etiquetas de identificação dos materiais que serão incorporadas nos respetivos alimentadores, assim que estes se encontrem implementados. A figura 34 mostra o exemplo de uma das identificações criadas.


<b>E1490002943</b>		<b>F-LION13</b>	
		<b>2</b>	E1010002055A1
Patilla LHS actuador			
Consumo por hora 0,15	Embalagem: Multipack 6	<b>U.A. = 400</b>	<b>Fug.I</b>

Figura 34 - Etiqueta identificadora de um dos materiais consumidos pela linha de *Coolers*

Tal como na nova linha de tubos EGR, foram efetuadas algumas melhorias nas novas etiquetas de identificação dos materiais da linha de *Coolers*. A amarelo constata-se o número de embalagens que o bordo de linha deve albergar após a passagem do *mizusumashi* pelo local. Esse valor foi previamente calculado para cada material e os valores encontram-se discriminados no anexo M. Esta informação introduzida revela-se muito útil, uma vez que permite que os operadores se foquem unicamente na produção e não tenham de se deslocar constantemente dos seus postos de trabalho para solicitarem material.

De salientar que também foi inserida a referência de *Coolers* produzida sempre que se consome determinada matéria-prima. Por exemplo, a referência do componente E1490002943 é consumida sempre que estiverem a ser produzidos *Coolers* do tipo E1010002055A1.

Foram criados *kanbans* para colocar ao lado das etiquetas identificadores criadas. Tal como na nova linha de tubos EGR, a forma de abastecimento da linha de *Coolers* será executada da mesma forma. Assim sendo, estes cartões assumem uma enorme importância uma vez que servem de plataforma de informação, permitindo ao operador do comboio logístico recolher o cartão *kanban* sempre que verifique falta de material em cada bordo de linha. Na figura 35 é apresentado um dos *kanbans* concebidos para esta linha produtiva.



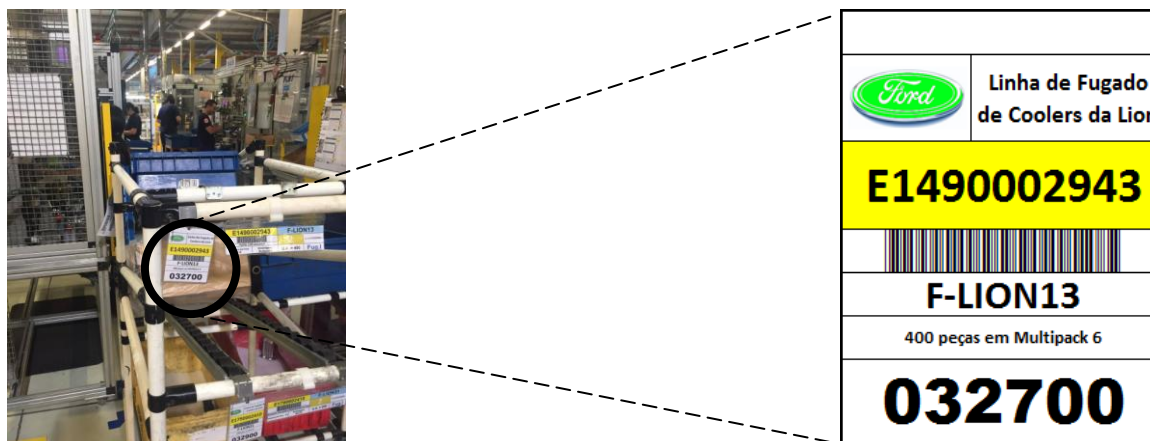


Figura 35 - Pormenorização de um dos *kanbans* criados, já colocado no respetivo bordo de linha criado

No caso das Válvulas, Carcaças e Tubos *Inlet*, uma vez que são considerados materiais verdes devido ao seu consumo elevado, há sempre a necessidade de reposição destes materiais no seu local de consumo por parte do *mizusumashi* e por isso não houve a necessidade criar este sistema de *kanbans* para esses materiais.

### 4.3 Troca de referência de peça a produzir

#### 4.3.1 Nova linha de Tubos EGR implementada

Com o objetivo concreto de não acumular demasiado *stock* na linha produtiva, os momentos de troca de referência de peça a produzir assumiram-se como cruciais e por isso foi estruturada uma estratégia capaz de responder eficazmente a estes instantes.

Descrição da estratégia implementada para os momentos de troca de referência de peça a produzir:

Numa primeira fase foi criado um sequenciador presente na linha produtiva destinado à atualização da sequência de produção de tubos EGR pretendida. Esse sequenciador encontra-se pormenorizado na figura 36 e é atualizado constantemente pelo *Team Leader*, através da inserção de *kanbans* sequenciadores. Na figura 37 é possível visualizar um exemplo de um desses *kanbans* concebidos.



Figura 36 - Sequenciador implementado na nova linha de Tubos EGR

		Linha de Fugado da AJ200	
GX73 - Carro 3			
E1080012290	O41000	2	
E1080012291	O40900	2	
E1660007191	O43101	2	
E1660014264	O33200	2	
E1660013518A0	O41100	2	

Figura 37 - Exemplo de *Kanban* sequenciador criado, destinado ao aviso da próxima referência a produzir

Estes cartões sequenciadores contêm informações importantes acerca da próxima referência de tubos a ser produzida. A interpretação destes *kanbans* é fácil e intuitiva. A azul-escuro está discriminada a próxima referência de tubos EGR a produzir e o carro de apoio que irá ser usado para o abastecimento no momento de troca de referência. Há tubos EGR que consomem praticamente as mesmas matérias-primas e nesses casos o mesmo carro abastece o material necessário a várias referências de peças. A amarelo encontram-se as referências de componentes a fornecer ao carro de apoio. A azul-claro encontra-se a localização de cada componente nos pisos 0 e 1 do armazém e a branco estão especificadas as quantidades de cada matéria-prima (em número de embalagens) necessárias ao arranque de produção de cada referência de tubos EGR a produzir.

O *mizusumashi* aquando da sua passagem pela linha produtiva para efetuar o abastecimento normal dos bordos de linha, verifica o sequenciador implementado. Se existirem *kanbans* lá colocados, o mesmo operador procede à recolha do cartão correspondente à próxima referência a produzir e verifica se o carro de apoio presente na produção corresponde ao carro necessário para o arranque da próxima referência de tubos a produzir:

Caso o carro já se encontre presente na linha, significa que a próxima referência de tubos EGR a ser produzida consumirá o mesmo material que já está em produção e não há a necessidade de preparar um novo carro de apoio com o mesmo material já existente na linha de produção. Neste caso concreto, o abastecimento do material continua a ser feito diretamente pelo *mizusumashi* nos respetivos bordos de linha e o *kanban* sequenciador é prontamente colocado no quadro de informações da linha, sendo posteriormente recolhido pelo *Team Leader*.

Caso o carro necessário não se encontre presente na linha, o operador do comboio logístico leva consigo o *kanban* sequenciador. Terminada a rota de abastecimento da produção, o *mizusumashi* segue para o armazém e entrega o cartão *kanban* ao operador responsável pelo abastecimento dos carros de apoio. Por sua vez, este operador verifica se o carro destinado ao abastecimento dessa referência de tubos EGR contém material sobranter. Caso haja, o operador examina se os restos existentes no carro são capazes de assegurar a primeira hora de produção e efetua o restante abastecimento com material existente nos pisos 0 e 1 do armazém, até perfazer o número de caixas de cada referência indicado tanto no *kanban* sequenciador como na folha de identificação do carro de apoio. Caso não haja qualquer material sobranter no carro de apoio pretendido, o operador procede à preparação desse mesmo carro na íntegra, com o material requerido nas quantidades necessárias para o arranque da primeira hora de produção.

Os detalhes acerca das referências de matéria-prima a abastecer no carro, quantidades e localização, são consultados pelo operador de reposição dos carros de apoio através do *kanban* sequenciador, prevenindo-o de qualquer erro. Terminado o abastecimento, este mesmo operador coloca o *kanban* sequenciador em cima do carro e estaciona-o de seguida no local definido para o efeito (ver anexo T).

Na figura 38 é possível verificar dois dos três carros de apoio usados pela nova linha de tubos EGR, estacionados no local decretado no armazém para este tipo de situações. Na figura 39 apresenta-se com detalhe a folha identificativa de um dos carros de apoio usados e na figura 40 é visível um *kanban* sequenciador colocado em cima de um desses mesmos carros.



Figura 40 - Carros de apoio estacionados no armazém

<b>BorgWarner</b>	
<b>Fugado AJ200</b>	
Carro 1	
Referência	Quantidade
E1080007531	2 x Caixas
E1080019211A0	2 x Caixas
AB	
Referência	Quantidade
E1660009025	2 x Caixas
MB	
Referência	Quantidade
E1660021274A0	2 x Caixas
HB	
Referência	Quantidade
E1660007373	2 x Caixas

Figura 39 - Identificação de um dos carros de apoio usados



Figura 38 - Kanban sequenciador colocado em cima do carro de apoio

Enquanto o carro de apoio é preparado, o operador do comboio logístico efetua o *picking* normal das referências que já estavam a ser consumidas anteriormente e que continuam com necessidade de reposição nos bordos de linha. No carro de apoio apenas são colocadas as referências de material que diferem entre as diferentes referências a produzir.

Terminada a rota do *picking*, o *mizusumashi* desloca-se ao local estabelecido para o estacionamento de carros de apoio, engata o carro preparado no fim das carruagens do comboio logístico (através do sistema de encaixe existente) e volta à produção para repor o material necessário nos bordos de linha e posicionar o carro de apoio na linha produtiva. Até ao momento de mudança de referência a produzir, o abastecimento da produção é feito de forma habitual nos respetivos bordos de linha.

Um vez atingido esse momento, o material sobranter que deixa de ser necessário à produção, é retirado primeiramente dos bordos de linha pelos operadores e colocado num outro carro de apoio vazio presente na linha.

Logo de seguida, os mesmos operadores repõem o material preparado para o arranque da nova referência a produzir nos respetivos bordos de linha e iniciam rapidamente a produção.

O carro de apoio previamente preparado pelo operador de reposição dos carros de apoio passa a estar vazio e o *Team Leader* da linha recolhe o *kanban* existente no topo. Os materiais sobranter presentes no outro carro são facilmente reconhecidos através da folha de identificativa existente nos carros de apoio e que contém as referências de materiais presentes.

No momento de nova passagem do *mizusumashi* pelo local, este recolhe o carro com os materiais que sobram da referência anterior e efetua o reabastecimento normal dos bordos de linha. Podem haver determinadas referências de material trazidas pelo *mizusumashi* correspondentes às necessidades de reposição da antiga peça a produzir e que deixam de ser necessárias na produção da nova peça. Quando esta situação ocorre, o *mizusumashi* coloca as referências de material que já não vai ser necessário abastecer no carro de apoio existente, junto dos restantes materiais sobranter. Uma vez que os carros de apoio estão dimensionados para albergar o BDL de cada referência existente, não há problemas de espaço no carro.

Após a chegada do *mizusumashi* ao armazém, o carro de apoio com os materiais sobranter é colocado no local destinado ao seu estacionamento. Desta forma assegura-se que estes materiais não sejam misturados com os lotes do material guardado nos pisos 0 e 1 do armazém SRW e que nunca deu entrada na produção.

Uma vez necessários estes mesmos materiais sobranter, o carro de apoio volta novamente para a produção, garantindo que a estratégia FIFO seja cumprida.



A figura 41 apresenta o fluxo de operações delineado para estes momentos.

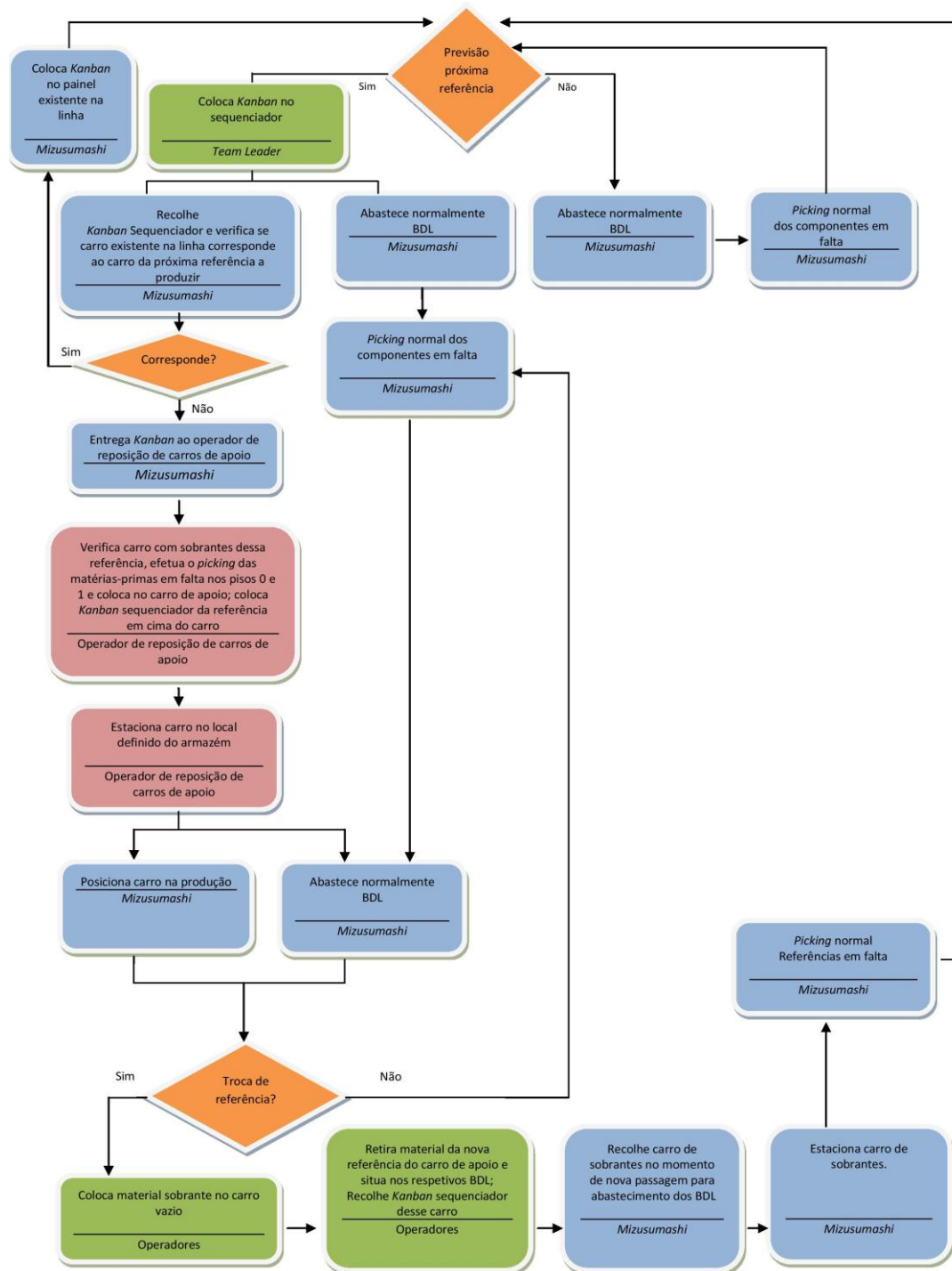


Figura 41 - Fluxograma da sequência de operações seguida nos momentos de troca de referência de peça a produzir

### • Carros de apoio usados

Os carros de apoio da nova linha de tubos EGR assumiram uma importância vital nos momentos de troca de referência a produzir. Desta forma foi necessário estudar as matérias-primas consumidas por cada referência produzida, para compreender que referências de material seriam necessárias em cada um dos carros usados. A tabela 1 do anexo U apresenta a quantidade de cada matéria-prima necessária para a produção de determinado tubo EGR.

A tabela 2 do anexo U exibe os materiais a colocar em cada carro de apoio, assim como as respectivas quantidades necessárias para o arranque da primeira hora de produção de cada referência a produzir. De notar ainda que há três materiais que são sempre necessários em qualquer referência de tubos EGR a produzir e como tal não há qualquer necessidade de os colocar nos carros de apoio.

Após analisar o material necessário para o arranque de produção de cada referência de tubos EGR a produzir, foi possível agrupar esse mesmo material em três carros de apoio, tal como é possível visualizar na tabela 7.

Tabela 7 - Referências de matéria-prima a abastecer em cada carro de apoio

Carro 1 -AB, MB, HB		Carro 2 - KA, JB		Carro 3 - GX73, HPLA, GJ32	
E1080007531	2 x caixas	E1080012723	2 x caixas	E1080012290	2 x caixas
E1080019211A0	2 x caixas	E1080014560	2 x caixas	E1080012291	2 x caixas
E1660009025	2 x caixas			E1660007191	2 x caixas
E1660021274A0	2 x caixas			E1660014264	2 x caixas
E1660007373	2 x caixas			E1660013518A0	2 x caixas

O critério usado para esta aglomeração foi a similaridade de matéria primas necessárias em cada referência de tubos EGR. Desta forma as referências AB, MB e HB são bastante similares entre si e como tal são abastecidas pelo mesmo carro de apoio (carro 1). Por outro lado o carro 2 abastece as referências KA e JB pois necessitam exatamente das mesmas matérias-primas. Por último, o material consumido pelas referências GX73, HPLA e GJ32 é fornecido pelo carro 3.

Uma vez estabelecidos os materiais que cada carro de apoio deve transportar, foi contactada a empresa Gesacuf para pedir o orçamento de 3 carros capazes de albergar o número de caixas de cada material estabelecido na tabela 7. De forma a garantir um correto dimensionamento dos carros de apoio, as dimensões das caixas foram levadas em conta e como tal optou-se pela dimensões *standard* existentes de 820 mm x 600 mm x 1650 mm (comprimento x largura x altura) com recurso a 4 prateleiras. Uma vez que todos os materiais desta linha possuem dimensões de caixas idênticas, foi possível estimar que cada carro de apoio tem capacidade para transportar 16 caixas dessas dimensões para a produção, valor suficiente para satisfazer as necessidades de transporte de material de qualquer um dos 3 carros.

O orçamento pedido pode ser consultado no anexo V, correspondente ao pedido dos três carros para a nova linha de produção de tubos EGR mais dois carros similares para a linha de produção de *Coolers* (estes carros serão abordados posteriormente).

#### 4.3.2 Linha de *Coolers*

A estratégia de mudança de referência de peça a produzir implementada na nova linha de Tubos EGR vai ser implementada por toda a fábrica, nas linhas produtivas que produzem vários tipos de referências. Tendo em conta que a linha de produção de *Coolers* produz 3 tipos de peças, esta mesma estratégia encontra-se já a ser preparada. A sequência de operações que irá ser seguida neste processo encontra-se no fluxograma presente na figura 41.

Até ao momento já foi implementado um sequenciador no painel de informações existente na linha produtiva, pronto a ser atualizado assim que estiverem montados todos os bordos de linha. Este mesmo mecanismo permitirá a passagem de informação acerca do planeamento de produção a seguir. Os *kanbans* sequenciadores destinados ao aviso da próxima referência a produzir também já foram concebidos. Nas figuras 42 e 43 é possível visualizar o sequenciador e um exemplo de um dos mesmos *kanbans* produzidos.



Figura 42 - Sequenciador de produção criado na linha de *Coolers*

 Linha de Fugado de Coolers da Lion		
<b>E1010002055A1 - Carro 1</b>		
<b>E1080002034</b>	ED31	2
<b>E1080002640</b>	ED31	2
<b>E1080002669</b>	ED31	2
<b>E1490002943</b>	O32700	2
<b>E1790002410</b>	O32900	2
<b>E1230002736</b>	RV308	2 rollers

Figura 43 - Exemplo de *kanban* sequenciador concebido, destinado ao aviso da próxima referência a produzir

Efetivamente, através da criação destes cartões sequenciadores será possível dar o alerta ao *mizusumashi* da próxima referência de *Coolers* a ser produzida. A azul-escuro encontra-se exposta a próxima referência de peça a produzir, assim como o carro de apoio que irá ser usado. A amarelo estão discriminadas as referências de componentes a abastecer no carro de apoio. A azul-claro está colocada a localização de cada componente nos pisos 0 e 1 do armazém e a branco as respetivas quantidades de cada material a fornecer à linha produtiva, para fazer face ao arranque da primeira hora de produção de *Coolers*. A verde é possível verificar ainda a referência de válvulas necessária a acompanhar ao carro de apoio através do sistema de encaixe existente tanto nos carros como nos *rollers* que efetuam o transporte de válvulas. Um *roller* corresponde a uma pequena estrutura que alberga 5 embalagens de válvulas numa base rolante.

### • Carros de apoio usados

Os carros de apoio que irão ser utilizados terão uma enorme importância no que toca aos momentos de troca de referência de *Coolers* a produzir. Há material comum às várias referências a produzir e que não será necessário sair da linha produtiva após os momentos de troca de referência. Contudo existe material que não é consumido pelos 3 tipos de peças e por isso foi necessário efetuar uma análise das matérias-primas usadas em cada tipo de *Cooler*, com o objetivo de compreender que material será abastecido em cada carro de apoio.

A tabela 1 do anexo X expõe a quantidade de cada componente necessária para a produção de cada um dos *Coolers*. A tabela 2 do anexo X mostra as matérias-primas e as respetivas quantidades de embalagens a colocar em cada carro. De notar que os materiais comuns às três referências de *Coolers* não foram incorporados nesta tabela, uma vez que são sempre necessários à linha de produção. Relativamente às diferentes referências de Baterias, Carcaças e Tubos *inlet* consumidas, também não houve a necessidade de incluir no carro de apoio uma vez que todos esses materiais provêm de outras linhas produtivas e não do armazém. Uma vez atingido o momento de troca de referência, estes materiais encontram-se nas proximidades da linha de produção de *Coolers* e serão repostos pelos próprios operadores nos respetivos bordos de linha. Depois de estudar os componentes essenciais para o arranque de produção de cada referência de *Coolers* a produzir, foi possível agrupar esses mesmos componentes em dois carros de apoio, tal como é possível observar na tabela 8.

Tabela 8 - Referências de matéria-prima a abastecer em cada carro de apoio

Carro 1 - E1010002055A1		Carro 2 - E1010002062B1, E1010012267A1	
E1080002034	2 x caixas	E1080002035	2 x caixas
E1080002640	2 x caixas	E1080002641	2 x caixas
E1080002669	2 x caixas	E1080002670	2 x caixas
E1490002943	2 x caixas	E1080011418A0	2 x caixas
E1790002410	2 x caixas	E1490002944	2 x caixas
		E1790002411	2 x caixas

Tal como se procedeu no caso da nova linha de produção de tubos EGR, o critério usado para a aglomeração escolhida foi a similaridade de matérias-primas necessária em cada referência de *Coolers*. Como as peças E1010002062B1 e E1010012267A1 consomem praticamente os mesmos componentes, serão abastecidas pelo mesmo carro de apoio (carro 2). No caso da peça E1010002055A1, os componentes a abastecer são dissemelhantes relativamente aos outros tipos *Coolers* a produzir e por isso houve a necessidade de disponibilizar um carro de apoio exclusivamente para esta referência (carro 1). Foi também essencial delinear que referência de Válvulas deveria ser atrelada a cada um dos carros de apoio. A tabela 9 dá-nos as informações obtidas.

Tabela 9 - Referência de Válvulas a atrelar em cada carro de apoio

Carro 1 – E1010002055A1		Carro 2 – E1010002062B1		Carro 2 – E1010012267A1	
E1230002736	2 x rollers	E1230002944	2 x rollers	E3840012212	2 x rollers

Após a visualização da tabela 9, facilmente foi possível concluir que sempre que a próxima referência de *Coolers* a entrar em produção for do tipo E1010002055A1, é necessário preparar o carro 1 com as referências de matéria-prima definidas na tabela 8 e atrelar a esse mesmo carro dois *rollers* da referência de Válvulas E1230002736. Por outro lado se a próxima referência de *Coolers* a entrar em produção for a E1010002062B1 ou E1010012267A1, é necessário preparar o carro 2 com as referências de matéria-prima estabelecidas na tabela 8 e atrelar a esse mesmo carro dois *rollers* da referência de Válvulas E1230002944 (no caso do próximo *Cooler* a produzir for do tipo E1010002062B1) ou E3840012212 (no caso do próximo *Cooler* a conceber for do tipo E1010012267A1).

Depois de terminada a seleção dos materiais que cada carro de apoio terá de transportar, foi contactada a empresa Gesacuf para pedir o orçamento de 2 carros capazes de alojar o número de embalagens de cada material definido na tabela 8. No sentido de garantir um eficaz dimensionamento para os dois carros de apoio, foram levadas em consideração as diferentes dimensões das embalagens de matéria-prima a transportar. Após analisar as medidas de carros existentes, elegeram-se as dimensões *standard* existentes de 820 mm x 600 mm x 1650 mm (comprimento x largura x altura) com recurso a 4 prateleiras amovíveis. Simulou-se a colocação dos materiais necessários em cada um dos carros para verificar se a capacidade dos mesmos seria adequada para satisfazer as necessidades de transporte das matérias-primas.

Foi possível concluir que cada carro cumpria com os requisitos pretendidos e desta forma avançou-se com o processo de compra. O orçamento correspondente ao pedido efetuado de dois carros para a linha de produção de *Coolers* e três carros para a nova linha de produção de tubos EGR encontra-se detalhado no anexo V.

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

### 5.1 Conclusões

O abastecimento de materiais nas linhas de produção assume-se como um processo chave para a BorgWarner. Reestruturar o sistema de abastecimento das linhas de produção de toda a fábrica é uma prioridade, uma vez que é necessário reduzir desperdícios e promover uma maior segurança, organização e eficiência produtiva.

Durante este projeto foram aplicados muitos conceitos de Engenharia de Produção, como o recurso a mecanismos de gestão visual, uso de *kanbans* e construção de bordos de linha eficazes.

O principal objetivo desta dissertação residiu na aplicação de melhorias no fluxo de abastecimento a duas linhas produtivas, com o intuito de promover o fornecimento ergonómico de material à mão do operador e reduzir os desperdícios associados às deslocações dos operadores no abastecimento dos postos de trabalho.

De salientar que estas duas linhas produtivas produzem vários tipos de peças, o que fez com que fosse fundamental estruturar um plano de abastecimento complexo capaz de integrar o fluxo de retorno de materiais sobrantes de volta para o armazém quando ocorre uma mudança de referência de peça a produzir, mantendo apenas os materiais estritamente necessários à linha de produção em cada momento.

Dado o êxito associado a este projeto, o modelo do sistema de abastecimento testado na nova linha de tubos EGR encontra-se a ser implementado na linha de *Coolers* e prosseguirá a ser aplicado noutras linhas da fábrica já identificadas.

Relativamente à estratégia de troca de referência de peça a produzir e consequente retorno de materiais sobrantes, foi apresentada uma solução que se mostrou bastante funcional e satisfatória. As quantidades de cada matéria-prima necessária capaz de garantir o arranque de produção da futura referência a produzir, estão a ser fornecidas em número suficiente. Os lotes de materiais mais antigos que retornam ao armazém não são misturados com os lotes mais recentes e os tempos perdidos nestes instantes são reduzidos por parte dos operadores, favorecendo a produtividade. Este sucesso alcançado traduzir-se-á na amplificação desta estratégia por toda a fábrica, nas linhas produtivas onde sejam produzidos vários tipos de peças.

O presente trabalho realizado alcançou as seguintes metas:

- Implementou-se um sistema de abastecimento de raiz na nova linha de tubos EGR com alimentação à mão dos operadores e eliminação do recurso a supermercados na própria linha produtiva. Desta forma foi possível suprimir possíveis movimentações excessivas dos trabalhadores para pedirem matéria-prima e abastecerem os seus próprios postos de trabalho;
- Elaborou-se a proposta de reestruturação do sistema de abastecimento da linha de produção de *Coolers* previamente existente, que culminará com a eliminação do supermercado

existente. Apesar de ainda não ter sido possível concluir toda a proposta de abastecimento na íntegra, foi possível registrar ganhos de 1151 metros por turno na eliminação de deslocamentos sem valor por parte dos operadores e reduzir a quantidade de tempos perdidos em cerca de 23min e 3seg por turno, associados às viagens para reposição de matéria-prima nos diferentes locais de trabalho;

- Promoveu-se a ergonomia associada aos bordos de linha, evitando que os operadores se tenham de curvar e pegar em caixas de material. A eficiência operacional e a saúde dos operadores não são assim comprometidas;
- Definiu-se uma estratégia destinada aos momentos de troca de referência peça a produzir, promovendo a redução da acumulação de *stock* na produção, uma maior limpeza, organização e segurança das linhas abordadas;
- Criou-se mecanismos de gestão visual identificando e localizando os diferentes componentes nos bordos de linha. As etiquetas produzidas contêm informações interpretadas de forma intuitiva de forma a facilitar a comunicação entre as necessidades das linhas de produção e *mizusumashi*;

## 5.2 Perspetivas de trabalho futuro

Importa referir que tanto a implementação de um sistema de abastecimento de raiz na nova linha de tubos EGR como a reestruturação do sistema de abastecimento da linha de produção de *Coolers*, irão funcionar como base para a futura implementação e reestruturação dos sistemas de abastecimento das restantes linhas existentes na fábrica. O objetivo passa por melhorar e normalizar todo o processo de fornecimento de material nas linhas de produção, pelo que o trabalho desenvolvido na empresa ainda se encontra numa fase embrionária.

Existem muitas linhas de produção intimamente interligadas entre si. Há produtos terminados que seguem de umas linhas para outras. Atualmente, esse transporte é efetuado maioritariamente com recurso aos próprios operadores das linhas de produção, que se traduzem em consequentes perdas de produção. Desta forma seria interessante passar essa tarefa para os comboios logísticos existentes, fazendo com que os operadores das células produtivas se concentrassem exclusivamente na produção de peças.

Algumas linhas de produção possuem *layouts* de difícil acesso. No futuro seria uma mais valia definir primeiramente o sistema de abastecimento das linhas e só posteriormente fixar o *layout* das mesmas. Assim seria possível estruturar um plano de ação tendo em conta um leque muito maior de possibilidades de abastecimento.

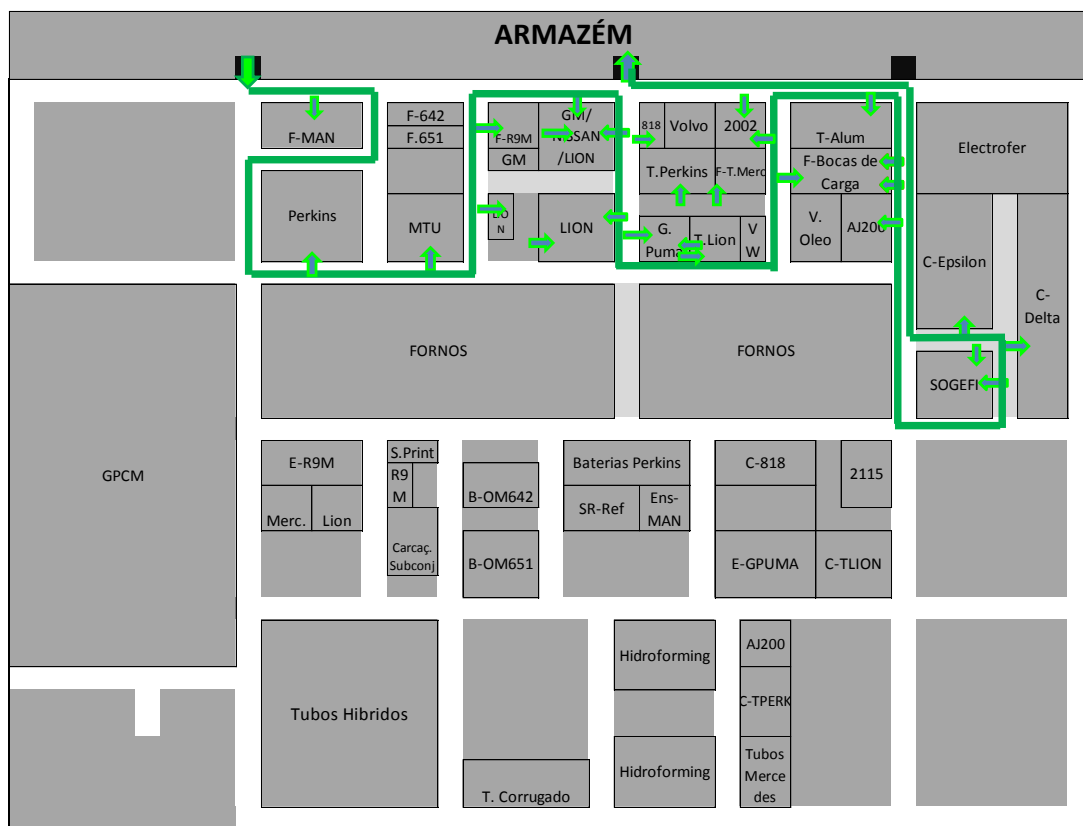
A filosofia *Kaizen* encontra-se profundamente enraizada em toda a fábrica. A melhoria contínua é vista como um desafio constante por parte de todos os colaboradores. É importante estudar e reduzir os desperdícios existentes, pois há sempre algo a melhorar. Só assim a BorgWarner continuará a crescer de dia para dia.

## Referências

- BorgWarner. 2015. *Manual de Acolhimento*.
- Coimbra, Euclides A. 2009. *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Courtois, Alain; Pillet, Maurice; Martin-Bonnefous, Chantal. 1997. *Gestão da Produção*. Lidel.
- Dennis, Pascal. 2007. *Lean Production Simplified*. Productivity Press.
- Grant, David B.; Lambert, Douglas M.; Stock, James R.; Ellram, Lisa M.. 2005. *Fundamentals of Logistics Management*. European Edition ed.: McGraw-Hill Higher Education.
- Imai, Masaaki. 1997. *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. McGraw-Hill Education.
- Imai, Masaaki. 1998. *Gemba Kaizen: Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. McGraw-Hill Companies.
- Kovács, András. 2011. "Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics". International Journal of Production Economics.
- Liker, Jeffrey K.; Meier, David. 2005. *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill Education.
- Marchwinski, Chet; Shook, John. 2003. *Lean Lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Workplace Management*. Productivity Press.
- Phillips, Edward J. 1997. *Manufacturing Plant Layout: Fundamentals and Fine Points of Optimum Facility Design*. Society of Manufacturing Engineers.
- Pinto, João Paulo. 2009. *Pensamento LEAN: A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel.
- Zapfel, Günther. 1998. "Customer-order-driven production: An economical concept for responding to demand Uncertainty?". International Journal of Production Economics.

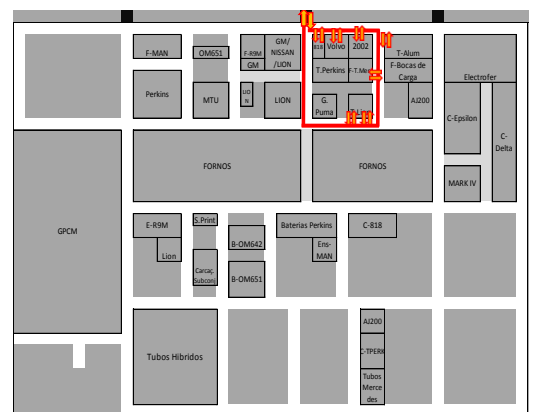
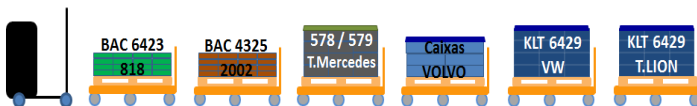
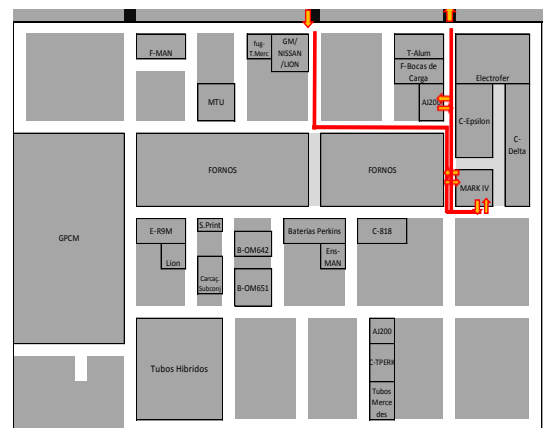
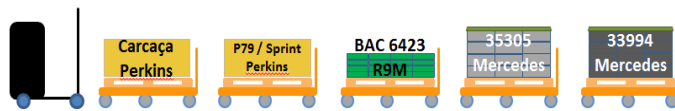
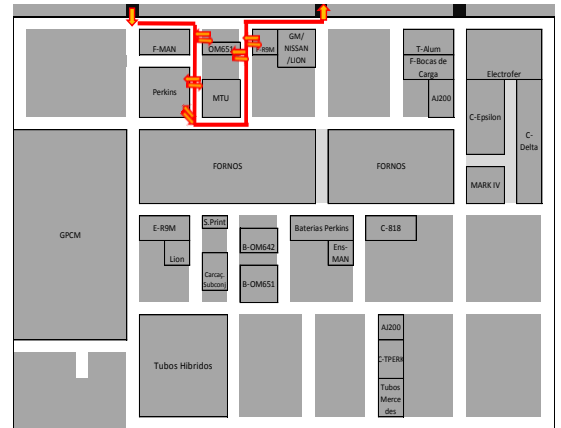
## ANEXO A: Rota do Fugado

Trajeto de abastecimento de componentes à produção:



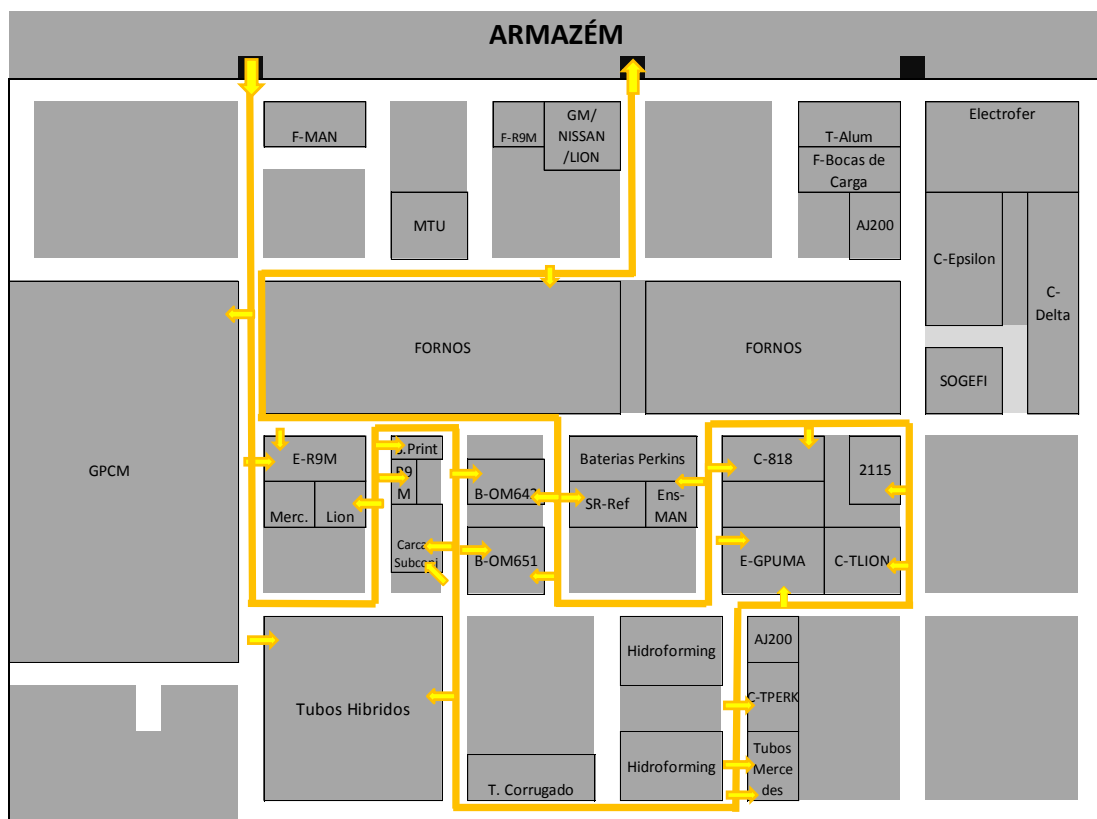


Trajeto de recolha de produtos acabados resultantes da produção, subdividido em três viagens:

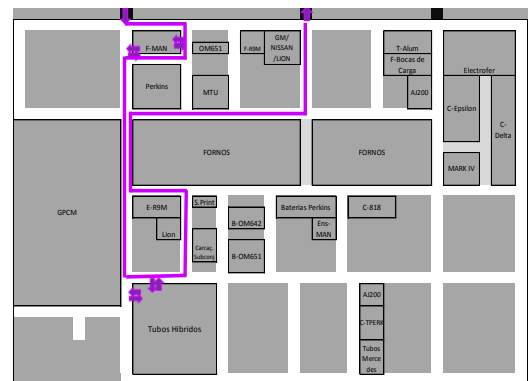
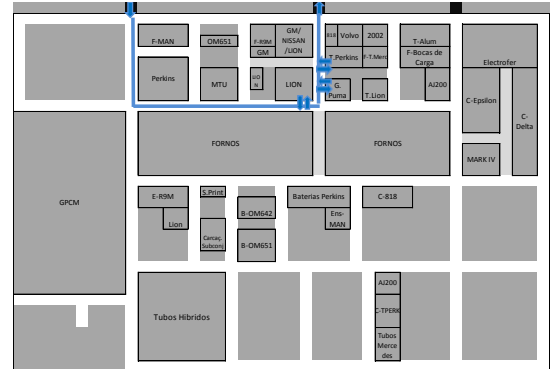
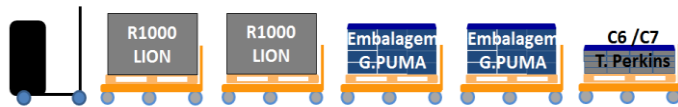


## ANEXO B: Rota da Montagem

Trajeto de abastecimento de componentes à produção:



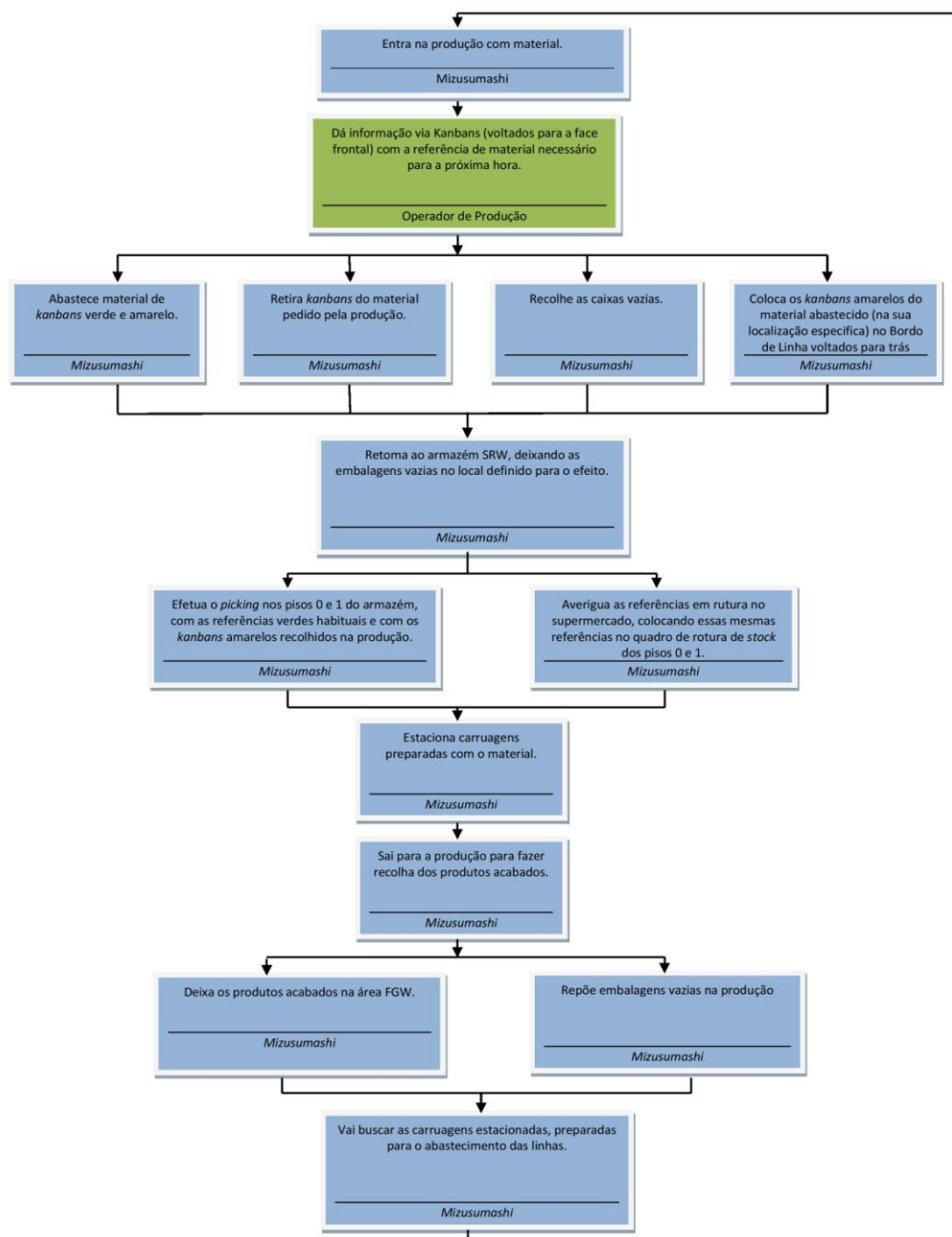
Trajetos de recolha de produtos acabados resultantes da produção, subdividido em duas viagens:



## ANEXO C: Estudo dos tempos médios consumidos pelo *Mizusumashi* associados a cada uma das rotas existentes

	Rota do Fugado	Rota da Montagem
Tempo médio de <i>picking</i> :	9 min 25 seg	7 min 50 seg
Tempo médio de abastecimento da produção:	21 min 3 seg	23 min 45 seg
Tempo médio de recolha do produto acabado	23 min 25 seg	17 min 5 seg
Tempo total:	53 min 53 seg	48 min 40 seg

## ANEXO D: Fluxograma do processo de abastecimento e recolha do produto acabado

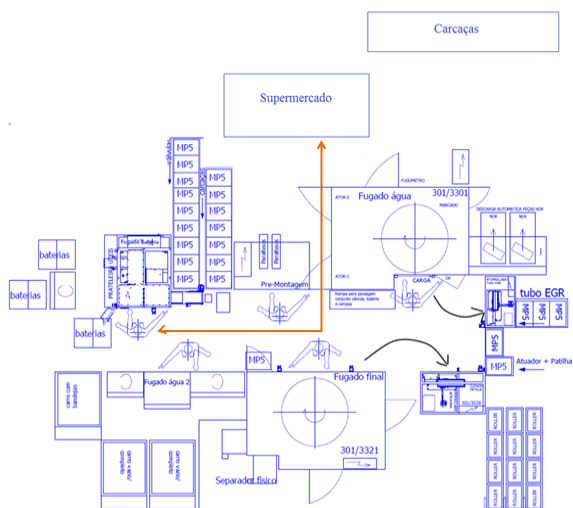


## ANEXO E: Diferentes referências de material para abastecimento da linha de *Coolers*

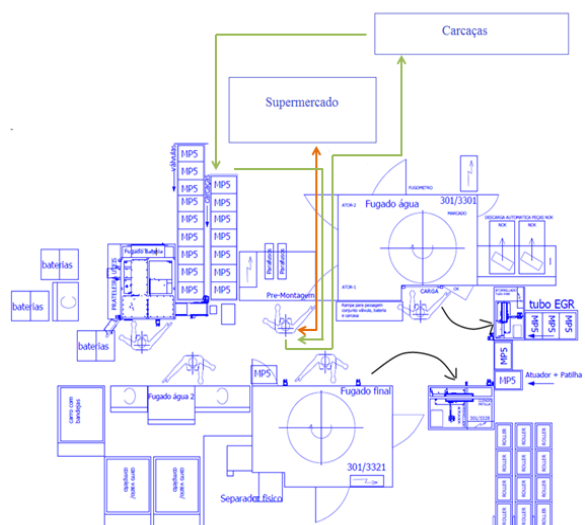
Referência consumida	Descrição	Dimensões caixa (cm)	Peso por unidade (kg)	Peso por caixa (kg)	Nº Componentes/caixa	Observações
E1050007639	Tornillo DIN 912 M5x10 8.8 Zn WX100 S437	29x20x15	0,003	15	5000	material a granel
E1050008193	Tornillo DIN 7984 M6x135 8.8 Zn WX100 S437	29x20x15	0,0296	5,92	200	material a granel
E1050008194	Tornillo DIN 7984 M6x30 8.8 Zn WX100 S437	28x24x12,5	0,007	9,1	1300	material a granel
E1050008195	Tornillo DIN 7984 M6x25 8.8 Zn WX100 S437	28x24x12,5	0,006	7,2	1200	material a granel
E1050008548	Tornillo DIN 7984 M6x50 8.8 Zn WX100 S437	28x24x12,5	0,01	8	800	material a granel
E1080002033A0	Junta de Escape Lion	40x30x23,3	0,002	1,8	900	material a granel
E1080002034	Junta LHS INLET a VLV	29x20x15	0,002	0,5	250	material a granel
E1080002035	Junta RHS INLET a VLV	29x20x15	0,001	0,5	500	material a granel
E1080002640	Junta LHS sellado agua	29x20x15	0,003	1,5	500	material a granel
E1080002641	Junta RHS sellado agua	29x20x15	0,003	1,5	500	material a granel
E1080002669	Junta LHS sellado gas	29x20x15	0,004	2	500	material a granel
E1080002670	Junta RHS sellado gas	29x20x15	0,004	2	500	material a granel
E1080011418A0	GASKET RHS INLET VALVE	29x20x15	0,001	0,6	600	material a granel
E1230002736	LHS EGR & BYP Valve	60x40x23	1,580	11,06	7	cuidados redobrados
E1230002944	RHS EGR & BYP Valve	60x40x23	1,550	10,85	7	cuidados redobrados
E1260002612A0	Carcaças Cooler Lion	60x40x23	0,473	7,10	15	cuidados redobrados
E1260002613A0	Carcaças Cooler Lion	60x40x23	0,473	7,10	15	cuidados redobrados
E1270007353	O'Ring	29x20x15	0,0001	1,07	10680	material a granel
E1490002943	Patilla LHS actuador	30x40x23,3	0,0118	4,72	400	material a granel
E1490002944	Patilla RHS actuador	30x40x23,3	0,0166	4,32	260	material a granel
E1790002410	Actuador neumatico 9X2Q-9U438-CA bypass	38,5x58,5x23	0,032	6,4	200	material a granel
E1790002411	Actuador neumatico 9X2Q-9U438-DA bypass	38,5x58,5x23	0,028	5,6	200	material a granel
E3840012212	EGR & BYP VALVE	60x40x23	1,550	10,85	7	cuidados redobrados
E3930002261	Bateria tipo 1	80x60x200	2,040	489,6	240	cuidados redobrados
E1620014855	Tubo Inlet EGR	30x40x23,3	0,321	6,42	20	cuidados redobrados
E3930002257	Bateria tipo 2	80x60x200	2,040	489,6	240	cuidados redobrados
E1010002062-E	Tubo Inlet EGR	30x40x23,3	0,20	4	20	cuidados redobrados
E1010002055-B	Tubo Inlet EGR	30x40x23,3	0,38	7,6	20	cuidados redobrados

## ANEXO F: Movimentos efetuados por cada um dos operadores para reposição de material no seu posto de trabalho

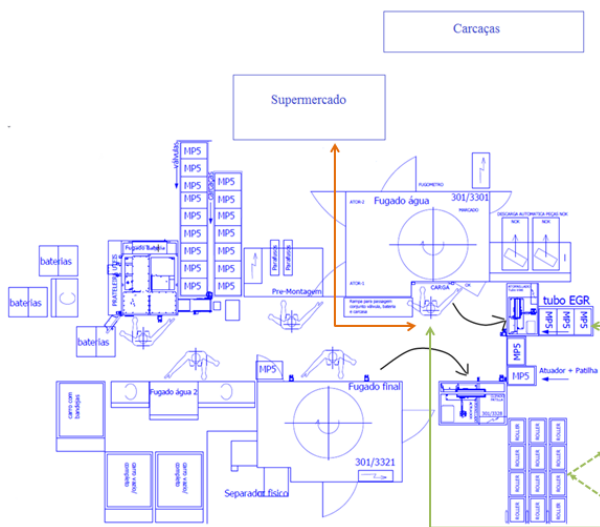
Operador 1:



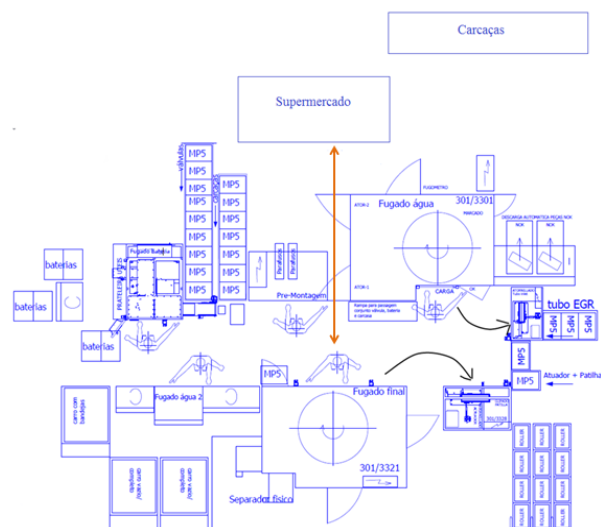
Operador 2:



Operador 3:



Operador 4:

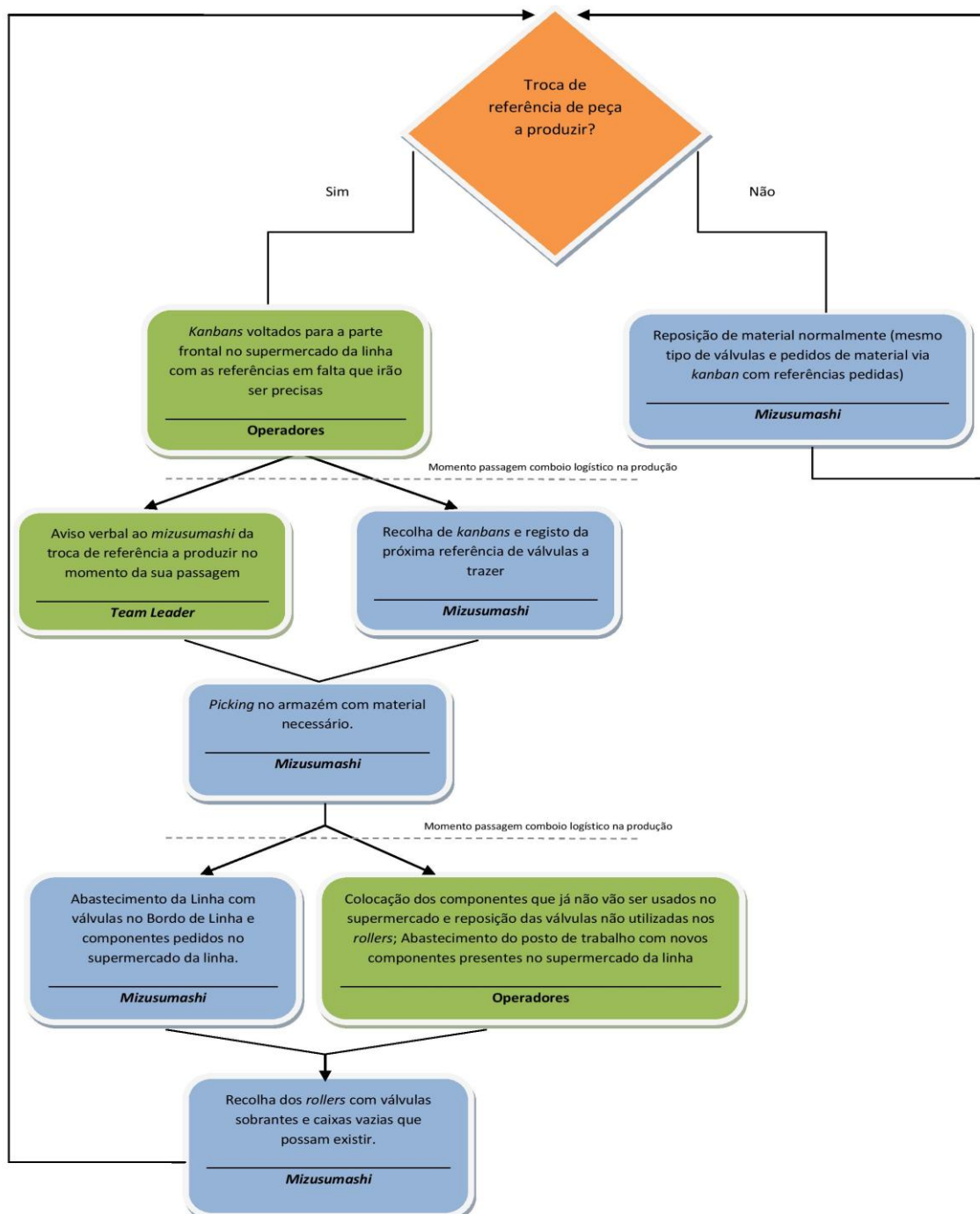


## ANEXO G: Estudo dos desperdícios associados às deslocações dos operadores no abastecimento dos postos de trabalho

Referência consumida	Nº de componentes por cada peça E1010002055A1	Nº de componentes por cada peça E1010002062B1	Nº de componentes por cada peça E1010012267A1	Nº Componentes por embalagem	Produção Máxima de peças por hora	Nº Embalagens gastas por turno	Consumo de embalagens por hora	Tempo por viagem (seg)	Frequência de viagens por turno	Distância percorrida por viagem (m)
E1050007639	2	2	2	5000	60	0,19	0,024	18,000	0,19	10
E1050008193	4	4	4	200	60	9,60	1,200	18,000	9,60	8
E1050008194	1	1	1	1300	60	0,37	0,046	18,000	0,37	8
E1050008195	2	2	2	1200	60	0,80	0,100	18,000	0,80	8
E1050008548	1	1	1	800	60	0,60	0,075	18,000	0,60	8
E1080002033A0	1	1	1	250	60	1,92	0,240	18,000	1,92	8
E1080002034	1			250	60	1,92	0,240	19,000	1,92	12
E1080002035		1		500	60	0,96	0,120	19,000	0,96	12
E1080002640	1			500	60	0,96	0,120	28,000	0,96	14
E1080002641		1	1	500	60	0,96	0,120	28,000	0,96	14
E1080002669	1			500	60	0,96	0,120	18,000	0,96	8
E1080002670		1	1	500	60	0,96	0,120	18,000	0,96	8
E1080011418A0			1	600	60	0,80	0,100	19,000	0,80	12
E1230002736	1			7	60	68,57	8,571	mão do operador	bordo de linha	-
E1230002944		1		7	60	68,57	8,571	mão do operador	bordo de linha	-
E1260002612A0	1			15	60	32,00	4,000	15,000	32,00	18
E1260002613A0		1	1	15	60	32,00	4,000	15,000	32,00	18
E1270007353	2	2	2	10680	60	0,09	0,011	28,000	0,09	14
E1490002943	1			400	60	1,20	0,150	22,000	1,20	13
E1490002944		1	1	260	60	1,85	0,231	22,000	1,85	13
E1790002410	1			200	60	2,40	0,300	22,000	2,40	13
E1790002411		1	1	200	60	2,40	0,300	22,000	2,40	13
E3840012212	1			7	60	68,57	8,571	mão do operador	bordo de linha	-
E3930002261		1	1	240	60	2,00	0,250	60,000	2,00	60
E1620014855			1	20	60	24,00	3,000	25,000	24,00	15
E3930002257		1	1	240	60	2,00	0,250	60,000	2,00	60
E1010002062-E			1	20	60	24,00	3,000	25,000	24,00	15
E1010002055-B	1			20	60	24,00	3,000	25,000	24,00	15



## ANEXO H: Fluxograma do procedimento habitual usado no processo de troca de referência de peça a produzir na linha de *Coolers*



## ANEXO I: Exemplo de planificação semanal das diferentes referências de *Coolers* a produzir

Linha: 7123-5							
Dta.início							
VPrd	Quantidade total	UMB	Material	Texto breve material	Cd.order	Nº ordem	HoraInic. Data fim Hora fim
18.04.2016							
0001	200,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218845	06:00:00 18.04.2016 14:41:29
19.04.2016							
0001	240,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218846	06:00:00 19.04.2016 10:44:27
0001	160,000	PC	E1010002055A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203236954	10:44:27 19.04.2016 13:54:05
0001	40,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1212089918	18:19:33 19.04.2016 19:06:58
20.04.2016							
0001	240,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218847	06:00:00 20.04.2016 10:44:27
0001	32,000	PC	E1010002062B1	RHS EGR COOLER & VLV ASY EGR LION V6 EU5	OrdPla	1203236963	10:44:27 20.04.2016 11:22:22
0001	40,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1212089919	15:47:51 20.04.2016 16:35:16
0001	256,000	PC	E1010002055A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1234610934	16:35:16 20.04.2016 21:38:41
21.04.2016							
0001	600,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218848	06:00:00 21.04.2016 17:51:07
0001	40,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1212089920	17:51:07 21.04.2016 18:38:31
22.04.2016							
0001	280,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218849	06:00:00 22.04.2016 11:31:51
26.04.2016							
0001	400,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218850	06:00:00 26.04.2016 13:54:05
27.04.2016							
0001	280,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218851	06:00:00 27.04.2016 11:31:51
0001	128,000	PC	E1010002055A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203236957	11:31:51 27.04.2016 14:03:33
0001	64,000	PC	E1010002055A2	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1241577820	14:03:33 27.04.2016 15:19:25
28.04.2016							
0001	320,000	PC	E1010002062B1	RHS EGR COOLER & VLV ASY EGR LION V6 EU5	OrdPla	1203236965	06:00:00 28.04.2016 12:19:15
0001	64,000	PC	E1010002062B2	RHS EGR COOLER & VLV ASY EGR LION V6 EU5	OrdPla	1241577821	12:19:15 28.04.2016 13:35:07
0001	280,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1241581915	13:35:07 28.04.2016 19:06:58
29.04.2016							
0001	320,000	PC	E1010012267A1	EGR COOLER MODULE ASSEMBLY	OrdPla	1203218853	06:00:00 29.04.2016 12:19:15

## ANEXO J: Orçamento pedido à empresa Makprofile para a compra do tubo *lean* necessário para a construção dos bordos de linha da nova linha de tubos EGR implementada

MAKPROFILE-SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, LDA  
CENTRO EMPRES.VILAR DO PINHEIRO,155  
4485-860 V. DO PINHEIRO

TELF. 229272863 FAX. 229273026  
MATR. CONS.V.CONDE N.º3617-4187-3661  
CAPITAL. 5.000 EUROS  
NIB:0010 0000 45644820001 14 (BPI)

PROPOSTA  
DATA 2016/03/09  
NUM. 01-002454

NUM.CONTRIBUINTE: 509644732

BORGWARNER - EMISSIONS SYSTEMS  
PORTUGAL UNIP. LDA  
PARQUE INDUSTRIAL LANHESES, LOTE 1  
LANHESES  
4925-432 LANHESES

CLIENTE NR ..... 000163  
CONTRIBUINTE NR ..... PT 507004493  
VIA EXPEDICAO ..... 008 N/CARRO  
AGENTE ..... 19 NUNO SILVA  
CONDICAO PAGAMENTO ..... 30 A 30 DIAS  
FORMA DE COBRANCA ..... 00  
DESCONTO P.P. .... 0,00%  
MOEDA .....  
VALOR ..... ,000000

V/REQUISICAO ..... 2016/03/09  
\*\* ESTE DOCUMENTO NÃO SERVE COMO FATURA \*\*

OBSERVAÇÕES INICIAIS :  
A/C SR.º MÁRCIO DOMINGUES

CODIGO	DESCRICAO	QUANTIDADE UM	PRECO UNIT. UP CI	DESCONTOS	VALOR LIQUIDO ENTREGA
61201DXPLT1	PÊ APOIO X-LEAN PLT 1	4,000 UN	7,45 UN 09	0,00 0,00 0,00	29,80 2016/03/09
61401MA537687	SUPORTE CALHA DIREITO	4,000 UN	1,70 UN 09	0,00 0,00 0,00	6,80 2016/03/09
61201DX270B	ABRAÇADEIRA X-LEAN 270B	4,000 UN	1,22 UN 09	0,00 0,00 0,00	4,88
61201DX90	ABRAÇADEIRA X-LEAN 90	16,000 UN	0,90 UN 09	0,00 0,00 0,00	14,40
61201DXPIPE1	TUBO D28X1MM - CÔR	18,000 MT	3,20 MT 09	0,00 0,00 0,00	57,60 2016/03/31
- 6x c/ 3000mm					
61201DXDINARAIL	DINA RAIL(CALHA ROLETES CINZA)	5,000 MT	5,32 MT 09	0,00 0,00 0,00	26,60
	4 PONTAS C/ 1250 MM				

Não confere direito à dedução do IVA				
JOBSERVAÇÕES	JCI] IVA ]	VAL.SUJ.IVA ]	VALOR IVA ]	TOTAL ]
J PRAZO DE ENTREGA: IMEDIATO, EXCETO POSIÇÕES MENCIONADAS	] 09] 23,00]	140,08]	0,00]	140,08
J ]	] ] ,00]	0,00]	0,00]	0,00
J ]	] ] ,00]	0,00]	0,00]	0,00
J ]	] ] ,00]	0,00]	0,00]	0,00
J ]	] ] ,00]	0,00]	0,00]	0,00
TOTAL EUR ] 140,08] 0,00] 140,08]				

## ANEXO L: Orçamento pedido à empresa Gesacuf para a compra de bordos de linha com funis incorporados para a nova linha de tubos EGR implementada

Pág. 1/2

### GESACUF

GESACUF, LDA  
Parque Industrial de Geme, 4F  
BOUÇA  
4730-180 VILA VERDE  
Telef. +351 253381903 Fax. +351 253381903  
Contribuinte Nº: 506742385  
Capital Social 8 000,00 EUR  
Cons. Reg. Com. 506742385  
Matrícula Nº  
gesacuf@sapo.pt

Exmo.(s) Sr.(s)  
BorgWarner Emissions Systems Portugal  
Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1

### IMOPPI - 98290

Original

Lugar de Salvaterra - Lanheses  
4925-432 Viana do Castelo

### Orçamento ORC 16/211

V/Nº Contrib.	Requisição	Moeda	Câmbio	Data			
507004493		EUR	1,00	2016-03-09			
Desc. Cli.	Desc. Fin.	Vencimento	Condição Pagamento				
0,00	0,00	2016-06-07	90 Dias				
Artigo	Descrição	Quant.	Un	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor
	3 Tolvas duplas para linha AJ 200 compr. 1100mm+Boca de carga+saída						
	Construção:						
	-Tubo de abastecimento medida 120x120 com porta na parte superior em policarbonato						
	3 Tolvas para linha AJ 200 compr. 1100mm+Boca de carga+saída						
	Construção:						
	-Tubo de abastecimento medida 120x120 com porta na parte superior em policarbonato						
	Prazo de entrega: 2/3 semanas após confirmação						

A Transportar 0,00

## Melhorias no fluxo de abastecimento de materiais nas linhas de produção

Pág. 2/2

**GESACUF**

**GESACUF, LDA**  
Parque Industrial de Geme, 4F  
BOUÇA  
4730-180 VILA VERDE  
Telef. +351 253381903 Fax. +351 253381903  
Contribuinte Nº: 506742385  
Capital Social 8 000,00 EUR  
Cons. Reg. Com. 506742385  
Matricula Nº  
gesacuf@sapo.pt

Exmo.(s) Sr.(s)  
BorgWarner Emissions Systems Portugal  
Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1

**IMOPPI - 98290**

Original

Lugar de Salvaterra - Lanheses  
4925-432 Viana do Castelo

## Orçamento ORC 16/211

V/Nº Contrib.	Requisição	Moeda	Câmbio	Data			
507004493		EUR	1,00	2016-03-09			
Desc. Cli.	Desc. Fin.	Vencimento	Condição Pagamento				
0,00	0,00	2016-06-07	90 Dias				
Transportado 0,00							
Artigo	Descrição	Quant.	Un	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor
SERV	TOTAL DO ORÇAMENTO	1,00	UN	2 325,00	0,00	23,00	2 325,00

Emitido por Processado por Programa Certificado n.º 0030/AT (Este documento não serve de fatura) / ORC 16/211 / © PRIMAVERA BSS

Quadro Resumo de Impostos				Mercadoria/Serviços		2 325,00
Taxa/Valor	Incid./Quant.	Total	Motivo Isenção	Descontos Comerciais		0,00
IVA (23,00)	2 325,00	534,75		Desconto Financeiro		0,00
				Portes		0,00
				Outros Serviços		0,00
				Adiantamentos		0,00
				IEC/Outras Contribuições		0,00
				IVA		534,75
				Acerto		0,00
Carga				Descarga		
N/ Morada - 2016-03-09 / 14:20				V/ Morada		
Parque Industrial de Gême, 4F				Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1.		
				Total ( EUR )		
				2 859,75		
BOUÇA				Lugar de Salvaterra - Lanheses		
4730-180 VILA VERDE				4925-432 Viana do Castelo		
Portugal				Portugal (Ignorado)		

## ANEXO M: Estudo do dimensionamento dos bordos de linha a implementar para cada componente

Referência consumida	Consumo por hora	Dimensões caixa (profundidade x comprimento x altura)	Nº caixas bordo de linha	Dimensões bordo de linha (profundidade x comprimento x altura)	Local de Consumo no posto de trabalho	Posto de trabalho	Proposta de abastecimento
E1050007639	0,024	29x20x15	2	85x10x10 *	Lado esquerdo	6	BDL com funil
E1050008193	0,600	29x20x15	3	135x15x13 **	Lado esquerdo	2	BDL com funil
E1050008193	0,600	29x20x15	3	150x8x8 *	Lado esquerdo	3	BDL com funil
E1050008194	0,046	28x24x12,5	2	135x15x13 **	Lado esquerdo	2	BDL com funil
E1050008194	0,046	28x24x12,5	2	150x8x8 *	Lado esquerdo	3	BDL com funil
E1050008195	0,100	28x24x12,5	2	70x10x10 *	Lado direito	4	BDL com funil
E1050008548	0,075	28x24x12,5	2	150x16x16 *	Lado esquerdo	3	BDL com funil
E1080002033A0	0,240	40x30x23,3	2	90x35x24	Lado esquerdo	6	BDL normal
E1080002034	0,240	29x20x15	2	70x25x15	Lado esquerdo	4	BDL normal
E1080002035	0,120	29x20x15	2	70x25x15	Lado esquerdo	4	BDL normal
E1080002640	0,120	29x20x15	2	100x30,5x25 ***	Lado direito	1	BDL múltiplo
E1080002641	0,120	29x20x15	2	100x30,5x25 ***	Lado direito	1	BDL múltiplo
E1080002669	0,120	29x20x15	2	70x25x15	Lado direito	2	BDL normal
E1080002670	0,120	29x20x15	2	70x25x15	Lado direito	2	BDL normal
E1080011418A0	0,100	29x20x15	2	70x25x15	Lado esquerdo	4	BDL normal
E1230002736	8,571	60x40x23	10	630x60,5x33 ***	Lado direito	1	BDL múltiplo
E1230002944	8,571	60x40x23	10	630x60,5x33 ***	Lado direito	1	BDL múltiplo
E1260002612A0	4,000	60x40x23	5	320x45x23	Lado esquerdo	2	BDL normal
E1260002613A0	4,000	60x40x23	5	320x45x23	Lado esquerdo	2	BDL normal
E1270007353	0,011	29x20x15	2	100x30,5x25 ***	Lado direito	1	BDL múltiplo
E1490002943	0,150	30x40x23,3	2	90x64x24	Lado esquerdo	5	BDL normal
E1490002944	0,231	30x40x23,3	2	90x64x24	Lado esquerdo	5	BDL normal
E1790002410	0,300	38,5x58,5x23	2	90x64x24	Lado esquerdo	5	BDL normal
E1790002411	0,300	38,5x58,5x23	2	90x64x24	Lado esquerdo	5	BDL normal
E3840012212	8,571	60x40x23	10	630x60,5x33 ***	Lado direito	1	BDL múltiplo
E3930002261	0,250	80x60x200	2	-	Lado esquerdo	1	Carro interno
E1620014855	3,000	30x40x23,3	4	135x45x24	Lado direito	4	BDL normal
E3930002257	0,250	80x60x200	2	-	Lado esquerdo	1	Carro interno
E1010002062-E	3,000	30x40x23,3	4	135x45x24	Lado direito	4	BDL normal
E1010002055-B	3,000	30x40x23,3	4	135x45x24	Lado direito	4	BDL normal

\* Dimensionamento efetuado pela empresa Gesacuf

\*\* Bordo de linha com dupla entrada recuperado internamente

\*\*\* Dimensionamento efetuado pela empresa Makprofile

67

**GESACUF, LDA**  
Parque Industrial de Geme, 4F  
BOUÇA  
4730-180 VILA VERDE  
Telef. +351 253381903 Fax. +351 253381903  
Contribuinte Nº: 506742385  
Capital Social 8 000,00 EUR  
Cons. Reg. Com. 506742385  
Matricula Nº  
gesacuf@sapo.pt

Exmo.(s) Sr.(s)  
BorgWarner Emissions Systems Portugal  
Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1

Lugar de Salvaterra - Lanheses  
4925-432 Viana do Castelo

V/Nº Contrib.	Requisição	Moeda	Câmbio	Data			
507004493		EUR	1,00	2016-05-16			
Desc. Cli.	Desc. Fin.	Vencimento	Condição Pagamento				
0,00	0,00	2016-08-14	90 Dias				
Artigo	Descrição	Quant.	Un	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor
SERV	Tolva para máq. 301-3305 dim. C700+200mm (em L)+Boca de carga+saída	1,00	UN	385,00	0,00	23,00	385,00
	Construção:						
	-Tubo de abastecimento medida 100x100 com visor de policarbonato na parte superior (inclui colocação)						
	Acabamento Ral 9018						

Emitido por Processado por Programa Certificado n.º 0030/AT (Este documento não serve de fatura) / ORC 16/401 / © PRIMAVERA BSS /

Quadro Resumo de Impostos			
Taxa/Valor	Incid./Quant.	Total	Motivo Isenção
IVA (23,00)	385,00	88,55	
Carga	Descarga		
N/ Morada - 2016-05-16 / 09:24	V/ Morada		
Parque Industrial de Geme, 4F	Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1		
BOUÇA	Lugar de Salvaterra - Lanheses		
4730-180 VILA VERDE	4925-432 Viana do Castelo		
Portugal	Portugal (Ignorado)		

Figura 2 – Orçamento de bordo de linha com funil a implementar no posto 4 para abastecer a referência E1050008195



## Melhorias no fluxo de abastecimento de materiais nas linhas de produção

Pág. 1/1

**GESACUF**

**GESACUF, LDA**  
Parque Industrial de Geme, 4F  
BOUÇA  
4730-180 VILA VERDE  
Telef. +351 253381903 Fax. +351 253381903  
Contribuinte Nº: 506742385  
Capital Social 8 000,00 EUR  
Cons. Reg. Com. 506742385  
Matrícula Nº  
gesacuf@sapo.pt

Exmo.(s) Sr.(s)  
BorgWarner Emissions Systems Portugal  
Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1

IMOPPI - 98290

Original

Lugar de Salvaterra - Lanheses  
4925-432 Viana do Castelo

## Orçamento ORC 16/403

V/Nº Contrib.	Requisição	Moeda	Câmbio	Data			
507004493		EUR	1,00	2016-05-16			
Desc. Cli.	Desc. Fin.	Vencimento	Condição Pagamento				
0,00	0,00	2016-08-14	90 Dias				
Artigo	Descrição	Quant.	Un	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor
SERV	Tolva para máq. 301-3301 dim. C1500mm+Boca de carga+saída (inclui colocação)	1,00	UN	850,00	0,00	23,00	850,00
	Construção:						
	-Tubo de abastecimento medida 160x160 com visor em policarbonato na parte superior						
	Acabamento Ral 9018						

Emitido por Processado por Programa Certificado n.º 0030/AT (Este documento não serve de fatura) / ORC 16/403 / © PRIMAVERA BSS /

Quadro Resumo de Impostos				Mercadoria/Serviços	850,00
Taxa/Valor	Incid./Quant.	Total	Motivo Isenção	Descontos Comerciais	0,00
IVA (23,00)	850,00	195,50		Desconto Financeiro	0,00
				Portes	0,00
				Outros Serviços	0,00
				Adiantamentos	0,00
				IEC/Outras Contribuições	0,00
				IVA	195,50
				Acerto	0,00

Carga	Descarga	Total ( EUR )
N/ Morada - 2016-05-16 / 09:32 Parque Industrial de Geme, 4F	V/ Morada - 2016-05-16 Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1.	1 045,50
BOUÇA	Lugar de Salvaterra - Lanheses	
4730-180 VILA VERDE	4925-432 Viana do Castelo	
Portugal	Portugal (Ignorado)	

Figura 3 – Orçamento de bordo de linha com funil a implementar no posto 3 para abastecer a referência E1050008548

## Melhorias no fluxo de abastecimento de materiais nas linhas de produção

Pág. 1/1

**GESACUF**

**GESACUF, LDA**  
Parque Industrial de Geme, 4F  
BOUÇA  
4730-180 VILA VERDE  
Telef. +351 253381903 Fax. +351 253381903  
Contribuinte Nº: 506742385  
Capital Social 8 000,00 EUR  
Cons. Reg. Com. 506742385  
Matrícula Nº  
gesacuf@sapo.pt

Exmo(s) Sr(s)  
BorgWarner Emissions Systems Portugal  
Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1

## IMOPPI - 98290

Original

Lugar de Salvaterra - Lanheses  
4925-432 Viana do Castelo

**Orçamento ORC 16/404**

V/Nº Contrib.	Requisição	Moeda	Câmbio	Data					
507004493		EUR	1,00	2016-05-16					
Desc. Cli.	Desc. Fin.	Vencimento	Condição Pagamento						
0,00	0,00	2016-08-14	90 Dias						
Artigo	Descrição		Quant.	Un	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor	
SERV	Tolva dupla para máq. 301-3301 dim. C1500mm+Boca de carga+saída (inclui colocação)		1,00	UN	950,00	0,00	23,00	950,00	
	Construção:								
	-Tubo de abastecimento medida 80x80 com visor em policarbonato na parte superior								
	Acabamento Ral 9018								

Emitido por Processado por Programa Certificado n.º 0030/AT (Este documento não serve de fatura) / ORC 16/404 / © PRIMAVERA BSS /

Quadro Resumo de Impostos					
Taxa/Valor	Incid./Quant.	Total	Motivo Isenção		
IVA (23,00)	950,00	218,50			
				Mercadoria/Serviços	950,00
				Descontos Comerciais	0,00
				Desconto Financeiro	0,00
				Portes	0,00
				Outros Serviços	0,00
				Adiantamentos	0,00
				IEC/Outras Contribuições	0,00
				IVA	218,50
				Acerto	0,00
Carga	Descarga				
N/ Morada - 2016-05-16 / 09:34	V/ Morada - 2016-05-16				
Parque Industrial de Geme, 4F	Parque empresarial de Lanheses ,Lote 1.				
				<b>Total ( EUR )</b>	<b>1 168,50</b>
BOUÇA	Lugar de Salvaterra - Lanheses				
4730-180 VILA VERDE	4925-432 Viana do Castelo				
Portugal	Portugal (Ignorado)				

Figura 4 – Orçamento de bordo de linha de dupla entrada com funil a implementar no posto 3 para abastecer as referências E1050008193 e E1050008194

## ANEXO O: Estruturas das diferentes máquinas por onde vão passar bordos de linhas estreitos com funis incorporado



Figura 1 - Máquina existente no posto 3



Figura 2 – Máquina existente no posto 4



Figura 3 – Máquina existente no posto 6

Lugar de Salvaterra - Lanheses  
4925-432 Viana do Castelo

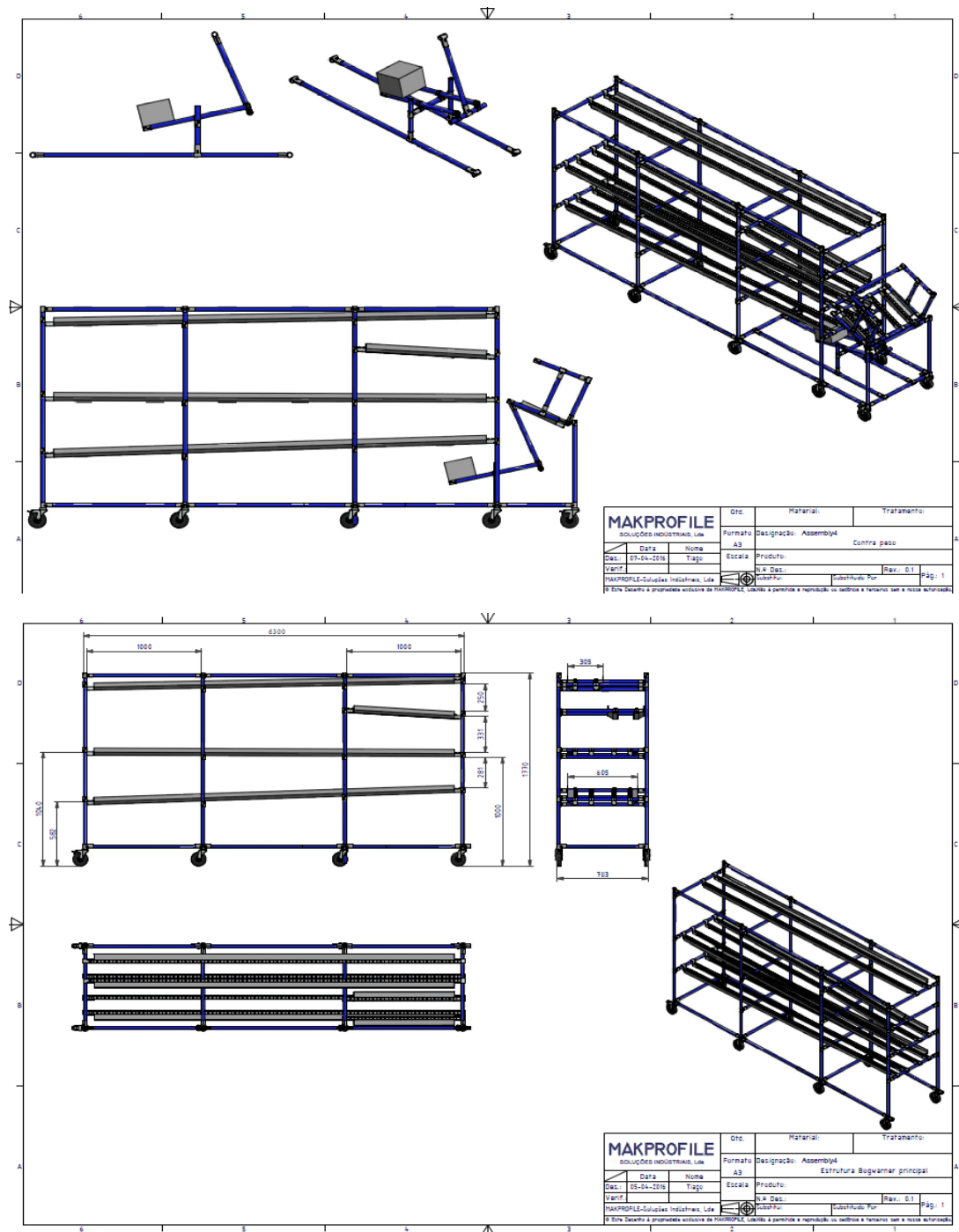
V/Nº Contrib.	Requisição	Moeda	Câmbio	Data			
507004493		EUR	1,00	2016-05-16			
Desc. Cli.	Desc. Fin.	Vencimento	Condição Pagamento				
0,00	0,00	2016-08-14	90 Dias				
Artigo	Descrição	Quant.	Un	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor
SERV	Modificar funil máq. 301-3305	1,00	UN	185,00	0,00	23,00	185,00
	Construção:						
	-Boca de carga dupla e saída dupla						

Quadro Resumo de Impostos				Mercadoria/Serviços	185,00
Taxa/Valor	Incid./Quant.	Total	Motivo Isenção	Descontos Comerciais	0,00
IVA (23,00)	185,00	42,55		Desconto Financeiro	0,00
				Portes	0,00
				Outros Serviços	0,00
				Adiantamentos	0,00
				IEC/Outras Contribuições	0,00
				IVA	42,55
				Acerto	0,00

Carga	Descarga
N/ Morada - 2016-05-16 / 09:38	V/ Morada
Parque Industrial de Geme, 4F	Parque empresarial de Lanheses, Lote 1
BOUÇA	Lugar de Salvaterra - Lanheses
4730-180 VILA VERDE	4925-432 Viana do Castelo
Portugal	Portugal (ignorado)

Total ( EUR )	227.55
---------------	--------

**ANEXO Q: Dimensionamento pedido à empresa Makprofile para o bordo de linha com múltiplos alimentadores criado para a linha de *Coolers***

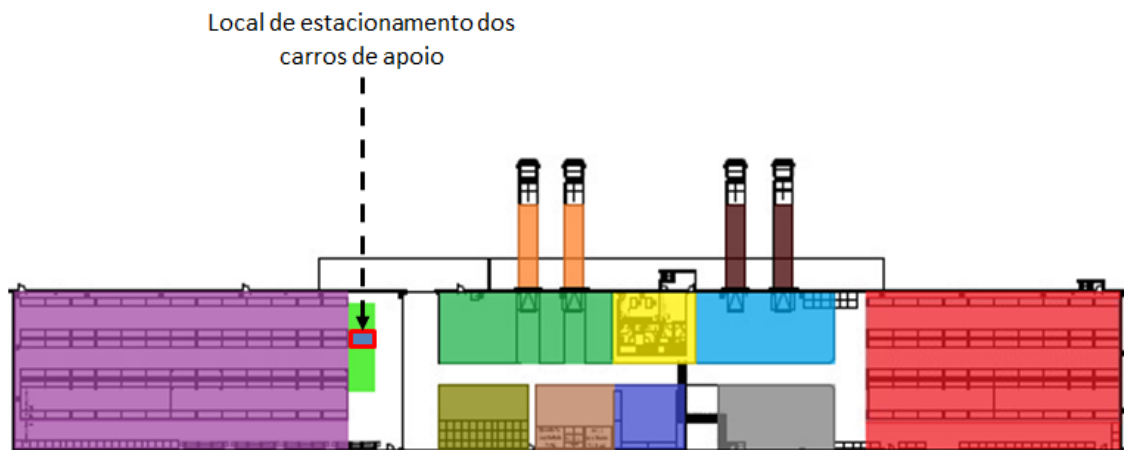




## ANEXO S: Estudo dos desperdícios associados às deslocações dos operadores no abastecimento dos postos de trabalho após as primeiras melhorias implementadas

Referência consumida	Nº componentes por peça E1010002055A1	Nº componentes por peça E1010002062B1	Nº componentes por peça E1010012267A1	Nº Embalagens gastas por turno	Posto de trabalho	Tempo por viagem (seg)	Frequência de viagens por turno	Distância percorrida por viagem (m)
E1050007639	2	2	2	0,19	6	18,000	0,19	10
E1050008193	4	4	4	4,8	2	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1050008193	4	4	4	4,8	3	18,000	4,8	8
E1050008194	1	1	1	0,19	2	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1050008194	1	1	1	0,19	3	18,000	0,19	8
E1050008195	2	2	2	0,80	4	18,000	0,80	8
E1050008548	1	1	1	0,60	3	18,000	0,60	8
E1080002033A0	1	1	1	1,92	6	18,000	1,92	8
E1080002034	1			1,92	4	19,000	1,92	12
E1080002035		1		0,96	4	19,000	0,96	12
E1080002640	1			0,96	1	28,000	0,96	14
E1080002641		1	1	0,96	1	28,000	0,96	14
E1080002669	1			0,96	2	18,000	0,96	8
E1080002670		1	1	0,96	2	18,000	0,96	8
E1080011418A0			1	0,80	4	19,000	0,80	12
E1230002736	1			68,57	1	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1230002944		1		68,57	1	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1260002612A0	1			32,00	2	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1260002613A0		1	1	32,00	2	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1270007353	2	2	2	0,09	1	28,000	0,09	14
E1490002943	1			1,20	5	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1490002944		1	1	1,85	5	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1790002410	1			2,40	5	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1790002411		1	1	2,40	5	Mão do operador	Bordo de linha	-
E3840012212			1	68,57	1	Mão do operador	bordo de linha	-
E3930002261		1	1	2,00	1	Mão do operador	Carro Interno	-
E1620014855			1	24,00	4	Mão do operador	Bordo de linha	-
E3930002257		1	1	2,00	1	Mão do operador	Carro interno	-
E1010002062-E			1	24,00	4	Mão do operador	Bordo de linha	-
E1010002055-B	1			24,00	4	Mão do operador	Bordo de linha	-

## ANEXO T: Local nomeado para o estacionamento dos carros de apoio no armazém





## ANEXO U: Estudo efetuado para determinação do material a transportar em cada carro de apoio da nova linha de tubos EGR

Tabela 1 - Quantidade de matéria-prima consumida por cada referência de tubo EGR produzida

Referência consumida	Referências de tubos EGR produzidas							
	GX73	AB	MB	HB	KA	GJ32	JB	HPLA
E1080007531		1	1	1				
E1080012290	1							1
E1080012291	1					1		1
E1080012723					1		1	
E1080014560					1		1	
E1080019211A0		1	1	1				
E1150005900	1	1	1	1	1	1	1	1
E1150013384	1	1	1	1	1	1	1	1
E1150029384A0	1	1	1	1	1	1	1	1
E1660007191	1							
E1660007373				1				
E1660013518A0						1		
E1660014264								1
E1660009025		1						
E1660021274A0			1					

Tabela 2 – Número de caixas de cada matéria-prima necessárias para o arranque de produção de cada referência a produzir

AB	
E1080007531	2 x caixas
E1080019211A0	2 x caixas
E1660009025	2 x caixas

MB	
E1080007531	2 x caixas
E1080019211A0	2 x caixas
E1660021274A0	2 x caixas

HB	
E1080007531	2 x caixas
E1660007373	2 x caixas

KA	
E1080012723	2 x caixas
E1080014560	2 x caixas

JB	
E1080012723	2 x caixas
E1080014560	2 x caixas

GX73	
E1080012290	2 x caixas
E1080012291	2 x caixas
E1660007191	2 x caixas

HPLA	
E1080012290	2 x caixas
E1080012291	2 x caixas
E1660014264	2 x caixas

GJ32	
E1080012291	2 x caixas
E1660013518A0	2 x caixas



## ANEXO X: Estudo efetuado para determinação do material a transportar em cada carro de apoio na linha de produção de *Coolers*

Tabela 1 – Quantidade de matéria-prima consumida por cada referência de *Cooler* produzida

Referência consumida	Referências de <i>Coolers</i> produzidas		
	E1010002055A1	E1010002062B1	E1010012267A1
E1050007639	2	2	2
E1050008193	4	4	4
E1050008194	1	1	1
E1050008195	2	2	2
E1050008548	1	1	1
E1080002033A0	1	1	1
E1080002034	1		
E1080002035		1	
E1080002640	1		
E1080002641		1	1
E1080002669	1		
E1080002670		1	1
E1080011418A0			1
E1230002736	1		
E1230002944		1	
E1260002612A0	1		
E1260002613A0		1	1
E1270007353	2	2	2
E1490002943	1		
E1490002944		1	1
E1790002410	1		
E1790002411		1	1
E3840012212			1
E3930002261		1	1
E1620014855			1
E3930002257		1	1
E1010002062-E			1
E1010002055-B	1		

Tabela 2 – Número de caixas de cada matéria-prima necessárias para o arranque de produção de cada referência de *Coolers* a produzir

<b>E1010002055A1</b>	
E1080002034	2 x caixas
E1080002640	2 x caixas
E1080002669	2 x caixas
E1310002723	2 x caixas
E1490002943	2 x caixas
E1790002410	2 x caixas
E1230002736	2 x rollers

<b>E1010002062B1</b>	
E1080002035	2 x caixas
E1080002641	2 x caixas
E1080002670	2 x caixas
E1310002724	2 x caixas
E1490002944	2 x caixas
E1790002411	2 x caixas
E1230002944	2 x rollers

<b>E1010012267A1</b>	
E1080011418A0	2 x caixas
E1080002641	2 x caixas
E1080002670	2 x caixas
E1310002724	2 x caixas
E1490002944	2 x caixas
E1790002411	2 x caixas
E3840012212	2 x rollers